BEST

*Politecnico di Milano*
*Prima Facoltà di Architettura · Leonardo*
*Dipartimento di Scienza e Tecnologia dell'ambiente costruito*
*Building & Environment Science & Technology*

LSA.2 *Laboratorio di Sperimentazione dell'Architettura 2*
*Laboratorio di Laurea*

Anna Mangiarotti, Andrea Campioli,
Marisa Bertoldini, Claudio Cerruti

Massimiliano Nastri, Tiziana Poli, Alessandra Zanelli
Monica Lavagna, Elena Lucchi, Francesca Malaguzzi, Ingrid Paoletti, Tamara Proserpio

Raffaella Cambria, Davide Cerati, Alessandra Dosselli,
Barbara Ferrari, Giorgio Grandi, Pier Moro, Fulvia Mzgec, Riccardo Nana,
Gabriele Nizzi, Andrea Pittarella, Maria Praolini, Damiano Rizzini, Alessia Ronchetti,
Mariangela P. Taliento, Emanuele Salvador, Simona Scita, Laura Valtolina

**Elena Magarotto**
matricola 181430


Tesi di laurea

# BOLLE SOSTENIBILI
## Tecnologia per il risparmio energetico in un progetto di edilizia residenziale a Como.


Relatore Prof. Arch. Andrea Campioli
Correlatore Dott. Arch. Ingrid Paoletti
Consulente Ing. Marzio Perin



*anno accademico 2002/2003*

## INDICE

**CAPITOLO 3 – LA RESIDENZA SOSTENIBILE**



**CAPITOLO 4 – PROGETTO DI RESIDENZA SOSTENIBILE A COMO**

**CAPITOLO 5 - CONCLUSIONI**



**CAPITOLO 6 - ALLEGATI**

# ABSTRACT

Il problema dell'aumento dei consumi energetici investe ogni attività umana con crescente preoccupazione. In particolare in architettura il settore residenziale è responsabile di oltre il 30% dei consumi totali di energia in Italia ed in Europa. Gli edifici costruiti con attenzione al risparmio energetico ed ambientale sono ancora poco diffusi, e concentrati principalmente nel Nord Europa, dove però è già iniziata un'inversione di rotta che potrebbe portare ad una sempre maggiore sperimentazione tecnica e tecnologica proprio a partire dall'edilizia diffusa.

La presenza sul territorio di residenze sostenibili è un punto importante nella strategia della diffusione su larga scala di tecnologie innovative e vantaggiose in termini sia di risparmio ambientale che economico, finora utilizzate principalmente in complessi terziari o industriali.

Il progetto di residenza elaborato dimostra la concreta possibilità di realizzare architetture sostenibili, integrando tali tecnologie con le scelte morfologiche, tipologiche che assecondano anche le forme più complesse.

Questo si traduce in una cospicua riduzione del risparmio energetico, ottenuto grazie all'attenzione all'orientamento, alla serra vetrata esposta a sud, la cui forma è stata studiata in funzione del percorso del sole e che caratterizza tutto il complesso, all'integrazione di tecnologie quali impianto fotovoltaico e a collettori solari, che contribuiscono a limitare al massimo il fabbisogno termico dell'insediamento e i cui tempi di ritorno dell'investimento sono particolarmente brevi per la partecipazione a programmi di finanziamento.

Tali risultati però sono stati raggiunti solo grazie ad una corretta progettazione sin dalla fase euristica, in quanto ai fini del controllo ambientale ed energetico è importante considerare contemporaneamente i fronti morfologico, tipologico, strutturale e tecnologico, non demandando solo ai prodotti della ricerca più avanzata il raggiungimento dell'obiettivo del risparmio energetico: solo così infatti si coniugano il tema della sostenibilità e quello dell'estetica progettuale, facendo in modo che anche forme complesse come una "bolla vetrata" possano essere sostenibili.

# 0

# INQUADRAMENTO SCIENTIFICO

Il dibattito globale sulla sostenibilità è quanto mai attuale: il bisogno di rispettare la natura e il suo equilibrio è risultato essere di primaria importanza viste le conseguenze, a breve e a lungo termine, che la maggior parte delle azioni umane ha sull'ambiente.
Tra le attività più invasive sicuramente va annoverata anche l'architettura, soprattutto dal punto di vista dell'uso di risorse (per lo più non rinnovabili) e dell'impatto ambientale che ne consegue.
La necessità di rendere la pratica architettonica "sostenibile" si legge nei dati italiani ed europei (ma si potrebbe dire anche mondiali), secondo cui gli edifici sono responsabili di oltre il 30-40% dell'emissione totale di $CO_2$ (principale gas serra) ed oltre un terzo dell'energia prodotta viene speso per riscaldare, raffreddare ed illuminare gli ambienti. Da ciò emerge chiara la necessità di una maggiore considerazione dell'aspetto energetico dell'architettura, quantificabile e verificabile (1).
In particolare l'edilizia residenziale costituisce il settore "debole" dell'intero sistema, in quanto restio ai cambiamenti e alle evoluzioni. La sua diffusione e la continua richiesta di spazi per abitare lo rendono preponderante rispetto agli altri, anche se molto spesso non all'avanguardia quanto per esempio il settore terziario o industriale.
Gli ostacoli maggiori all'innovazione in questo ambito sono costituiti principalmente dalle questioni economiche legate alla disponibilità del committente (spesso più portato a investire in sistemi tecnologici in edifici di maggior rappresentanza ed efficienza che non in abitazioni) e dall'accettazione da parte dell'utente di soluzioni anche lontane dalla tradizione costruttiva o comunque non tradizionali. Per superare questi vincoli sono molto utili i "progetti-pilota", ossia edifici o complessi sperimentali che dimostrano la concreta possibilità di integrazione delle più avanzate tecnologie (soprattutto in termini di risparmio energetico e sostenibilità) in edifici residenziali ad alto livello di comfort per l'utente, in cui i vantaggi derivanti dalle scelte progettuali e tecnologiche del progettista convincano anche l'utenza più restia, senza dimenticare il giovamento economico tratto da finanziamenti appositamente concessi.
Perché tutto questo si concretizzi in fabbricati all'avanguardia ed efficienti sotto ogni aspetto (e soprattutto per quanto riguarda l'impatto ambientale) è necessaria una grande competenza da parte del progettista, che deve essere in grado di controllare ed utilizzare le tecnologie, sfruttandone le potenzialità secondo gli obiettivi individuati sin dalla fase euristica di progettazione, ed avvalendosi di tutti gli strumenti a disposizione; infine perché questo si affermi nel modo di costruire quotidiano è auspicabile un cambiamento di mentalità da parte di tutti.

Quali possono essere dunque gli incentivi, gli stimoli necessari all'architettura per fare un salto di qualità verso il sostenibile? Uno strumento molto importante in questo senso, che dovrebbe sortire effetti positivi è la normativa, al servizio del progettista e in grado di porre dei vincoli ed indirizzare il percorso dell'architettura di domani.
Analizzando lo status odierno della normativa italiana ed europea ci si rende conto di come questa si sia decisamente evoluta negli ultimi anni, correndo parallelamente alla crescente sensibilità nei confronti dell'ambiente, senza però essere sufficientemente incisiva da creare i presupposti per un vero e proprio cambiamento nella mentalità di progettazione. L'apparato normativo per svolgere adeguatamente la propria funzione

deve perciò essere considerato uno stimolo, oltre che una prescrizione, per il progettista (che può così indirizzare la progettazione partendo da solide basi), ma anche un importante strumento da utilizzare per la diffusione della tematica della sostenibilità, informando e formando tanto gli operatori del settore quanto il cittadino.
Sia a livello europeo che italiano leggi, normative e raccomandazioni si sono succedute nel corso degli anni e hanno prevalentemente considerato l'aspetto del risparmio energetico. Attraverso il contributo dell'Unione Europea sono state affiancate da programmi sperimentali di finanziamento o incentivazione (ad esempio il Programma Cepheus, o Thermie) (2) da cui il mondo dell'"architettura sostenibile" dipende ancora in maniera quasi esclusiva. Esse dunque possono considerarsi l'ossatura su cui si fonda la nuova politica ambientale europea.

Selezionando a questo proposito alcuni tra i casi studio più significativi di edifici o complessi residenziali costruiti con criteri bio/eco-compatibili in Europa (grazie appunto a tali programmi o comunque seguendo le prescrizioni legislative dei singoli Paesi) emergono immediatamente i limiti e i problemi che costituiscono ancora un ostacolo alla diffusione su larga scala di tali sperimentazioni: ancora una volta i costi, elevati inizialmente (ma abbondantemente coperti dal risparmio che si ottiene a lungo termine, durante l'esercizio e l'intero ciclo di vita dell'edificio, come dimostrato in molti casi) che scoraggiano eventuali committenti, e la mancanza di supporto da parte dei Governi e delle Amministrazioni locali. In Italia questo è particolarmente evidente e si concretizza nella quasi totale assenza di quartieri o anche singoli edifici che vantano tecniche e tecnologie all'avanguardia, nonostante l'apparato normativo teoricamente sia pressochè in linea – se non migliore, in alcuni casi – del resto del continente (ad esempio la Legge 10 del 9 gennaio 1991, o la stesura dei vari Piani Energetici – nazionale, provinciali e comunali).

Un'iniziativa di rilievo ma con scarso seguito è stata proposta alla fine del 1998, in occasione della Conferenza Nazionale Energia e Ambiente tenutasi a Roma nel novembre di quell'anno, in concertazione tra vari enti e Ministeri (3): il "Codice concordato di raccomandazioni per la qualità energetico ambientale di edifici e spazi aperti", costituito da una serie di raccomandazioni, appunto, (senza quindi nessun obbligo di adesione) stese per indirizzare verso obiettivi di elevata qualità energetico-ambientale i regolamenti edilizi e altri strumenti attuativi, chi li elabora e coloro che li usano.
La forma in cui tale Codice è stato redatto presuppone la volontarietà dell'adesione da parte dei Comuni, delle Province e delle Regioni italiane, sottolineando il bisogno di un impegno politico assolutamente volontario per la promozione di un'edilizia qualificata anche dal punto di vista ambientale. Forse l'estrema genericità delle raccomandazioni ha sancito il sostanziale insuccesso dell'iniziativa, poco considerata dai soggetti competenti nelle Amministrazioni e conseguentemente ignorata nella stesura e nell'aggiornamento degli strumenti attuativi e normativi locali, cosa che si riflette poi nei progetti e nelle realizzazioni architettoniche, spesso poco attente all'impatto ambientale.

A seguito di queste considerazioni è possibile dunque verificare come il punto debole sia effettivamente il momento di concretizzazione degli strumenti legislativi e normativi, ossia il passaggio tra la presa di coscienza e la conoscenza degli stessi e la loro messa in pratica nel progetto di architettura, momento delicato che soprattutto il progettista deve affrontare con coscienza e grande consapevolezza.
È auspicabile che per superare questo momento di stasi le Amministrazioni locali, o chi per esse, compiano lo sforzo di riorganizzarsi e riorganizzare i propri strumenti di governo per poter facilitare con ogni mezzo la diffusione di architetture sempre più in

sintonia con il contesto e l'ambiente in generale, attraverso stimoli anche di tipo economico o iniziative di promozione di nuove tecnologie, com'è stato per esempio nel caso del "Programma 10000 tetti fotovoltaici", iniziativa italiana promossa nel 2000 e ancora attiva sul territorio nazionale, che ha riscontrato un grande successo sia tra i cittadini (ossia gli utenti), informandoli e sensibilizzandoli, sia tra gli operatori del settore.
Contemporaneamente il progettista è chiamato per le sue competenze non solo a seguire quanto dettato dalle leggi, ma eticamente dovrebbe essere esortato ad andare oltre, seguendo criteri e facendo scelte che tengano conto degli obiettivi principali, ossia le esigenze dell'uomo e quelle dell'ambiente.

La diffusione sempre più capillare di esempi concreti di architettura sostenibile (edifici sperimentali, realizzati con tecniche e tecnologie all'avanguardia ma anche progettati secondo i principi della bioclimatica, al fine di sfruttare al massimo gli apporti gratuiti che possono derivare dall'ambiente stesso) costituisce a mio avviso una delle più importanti dimostrazioni della validità e della fattibilità di scelte eco-compatibili, oltre a essere uno strumento fondamentale di divulgazione di un nuovo approccio al progetto, favorendo contemporaneamente la conoscenza delle energie rinnovabili e delle tecnologie più avanzate, nonchè delle loro potenzialità da applicare nel settore residenziale: la costruzione di edifici che integrino nei loro sistemi anche le più recenti tecnologie solari o fotovoltaiche, schermature o particolari vetrature per il controllo della radiazione solare permette infatti di verificarne le effettive possibilità d'impiego oltre a costituire un notevole valore aggiunto per l'edificio stesso.
Il nuovo approccio è fondamentale soprattutto alla luce del fatto che il concetto di sostenibilità nell'architettura residenziale non si esaurisce nei termini concreti di risparmio energetico – e quindi in termini economici – anche se tale aspetto è sicuramente il più evidente e trainante, ma si esplica anche in termini di comfort globale dell'utente (dal punto di vista termico, di illuminazione etc.) e di flessibilità.
Quest'ultima è oggi una delle parole chiave tra le più significative nella progettazione, specialmente appunto nel residenziale, sia per quanto riguarda gli ambienti, suscettibili di cambiamenti a seconda delle necessità ed esigenze degli utenti, ma anche per quanto riguarda le tecnologie, che non devono costituire un vincolo cui non ci si può più sottrarre qualora diventassero obsolete. La possibilità di "aggiornamento" di queste può costituire un aspetto rilevante ai fini del comfort e di un sempre più soddisfacente ed efficiente rapporto tra l'uomo e lo spazio da abitare.

---

Note

(1) La necessità di ridurre l'impatto delle nostre attività sull'ambiente è pressante: basti pensare che oltre a quanto già detto, l'uso di combustibili fossili, utilizzati dall'uomo anche in architettura, è responsabile al 90% della produzione di $SO_2$ e $NO_x$, gas provocanti l'effetto serra. Inoltre, della richiesta globale di energia, secondo alcune recenti statistiche rilevate dall'ENI, soltanto il 7% viene coperto mediante l'utilizzo di energia rinnovabile, mentre il restante 83% viene spartito tra combustibili fossili (circa 95%) ed energia nucleare (5%). Questa disparità così accentuata è determinata in gran parte dalla scarsa conoscenza delle fonti energetiche rinnovabili e delle loro potenzialità, anche se decisiva è la non completa competitività economica di queste ultime (almeno nell'immediato: un'analisi sul lungo periodo evidenzia infatti vantaggi economici relativi a manutenzione, costi d'utilizzo ecc.) e la insufficiente diffusione di sistemi alternativi.

(2) Il Programma Cepheus (Cost Efficient Passive Houses as European Standards) aveva come obiettivo la costruzione di circa 250 unità abitative passive in cinque Nazioni europee. Il Programma di ricerca Thermie è suddiviso in due parti: nella prima, conclusa nel quadriennio 1990-1994, l'obiettivo era la promozione in Europa di un uso corretto delle tecnologie energetiche; nella seconda, chiamata Thermie II, è presente un progetto comunitario di sostegno finanziario per la produzione di tecnologie europee (tale fase è stata attuata tra il 195 e il 1998).

(3) L'iniziativa che ha portato alla stesura del Codice Concordato è stata coordinata dall'architetto Cettina Gallo, con la collaborazione dei Ministeri dell'Industria, dell'Ambiente, dei Lavori Pubblici, dei Beni Culturali, con l'ENEA, l'Istituto Nazionale di Architettura (IN/ARCH), il Consiglio Nazionale Architetti, il Consiglio Nazionale Ingegneri, l'Istituto Nazionale di Urbanistica (INU), l'Observatoire Internationale d'Architecture, l'Associazione Nazionale Comuni Italiani (ANCI), l'Associazione Nazionale Costruttori Edili (ANCE), ANCITEL, Istituto Centrale per il Restauro, IEFE-Bocconi, le Associazioni della Rete Punti Energia lombardi e numerose amministrazioni locali. L'impostazione di tale codice volontario deriva dalla Carta di Aalborg, approvata dai partecipanti alla Conferenza Europea sulle città sostenibili, in cui le città "si impegnano ad utilizzare gli strumenti tecnici e politici disponibili per attuare un approccio alla gestione urbana che tenga conto degli ecosistemi […], strumenti normativi, economici e di informazione quali direttive, imposte e tasse; nonché meccanismi che contribuiscano ad accrescere la consapevolezza dei problemi e prevedano la partecipazione dei cittadini."

## OBIETTIVI

Considerando la necessità di riformare la cultura progettuale e architettonica contemporanea a favore di una maggiore coscienza ambientale, a partire anche e soprattutto dagli strumenti normativi, è interessante indagare le motivazioni di una scarsa presenza nel nostro Paese di esempi di architettura sostenibile, a partire da un'analisi delle normative e delle leggi, emanate anche recentemente, che dovrebbero aiutare nella definizione, nella divulgazione e nello sviluppo del concetto. In particolare si analizza il ruolo degli strumenti attuativi nella promozione di una nuova cultura progettuale, e tra questi un recente codice facoltativo, emanato nel 1998, il "Codice Concordato di raccomandazioni per la qualità energetico ambientale di edifici e spazi aperti", e la sua effettiva messa in pratica nei comuni aderenti. La valutazione dell'esperienza del Codice Concordato può essere utile per verificare la maturità dei Comuni italiani in tema di progettazione ambientalmente sostenibile, in relazione anche alle esperienze europee, spesso strettamente legate a programmi e finanziamenti dell'Unione Europea. A partire da queste considerazioni è possibile analizzare, attraverso progetti realizzati in Italia e in Europa, le scelte tipologiche e tecnologiche per l'architettura residenziale, verificando il ruolo di ricerca e apparato legislativo nel Paese considerato. È così possibile studiare il momento di passaggio dallo strumento attuativo alla realizzazione, per individuare ostacoli e problemi che insorgono in un settore piuttosto "problematico" come quello residenziale, poco votato all'innovazione ma anche così strettamente legato ad essa al fine di migliorarsi, soprattutto dal punto di vista del risparmio energetico e dell'impatto ambientale, visti i costi che esso comporta.

A partire da queste premesse vengono individuati alcuni significativi paradigmi progettuali, che possono essere assunti alla stesura di un progetto di edilizia residenziale. Essi includono principalmente un **ridotto fabbisogno energetico e il massimo sfruttamento di risorse rinnovabili** (quali principalmente quella del sole, attraverso sia sistemi di guadagno passivo - le serre - sia di guadagno attivo - pannelli solari per la produzione di acqua calda sanitaria o impianti fotovoltaici integrati nell'edificio). Grande rilevanza assume anche il paradigma della **flessibilità** dell'unità abitativa, che ha come obiettivo una migliore fruizione dello spazio senza trascurare il **comfort** dell'utente. Questo è di notevole importanza se si pensa alla necessità di modificare, senza grandi spese e ostacoli, l'ambiente in cui si vive per adattarlo alle esigenze, sempre in evoluzione, delle persone e delle famiglie. Ma la flessibilità riguarda anche i sistemi tecnologici che rendono la casa efficiente: questo aspetto è fondamentale perché l'architettura non diventi obsoleta con il passare del tempo e possa essere garantita la possibilità di aggiornare le tecnologie con quanto di più innovativo offra il mercato.
Il rispetto di tali paradigmi avviene dunque attraverso **l'integrazione nell'architettura di tecnologie innovative** (alcune già citate, come il fotovoltaico e sistemi solari), di cui è possibile così verificare e dimostrare le **possibilità d'impiego**.

Il contributo della tesi si concretizza a questo proposito attraverso una proposta progettuale per un insediamento residenziale a basso consumo energetico nel comune di Como (uno dei comuni lombardi più all'avanguardia nelle problematiche relative alla sostenibilità, con la costituzione dell'Agenda 21 locale, del Punto Energia per la consulenza a comune e privati e la stesura dei Piani Energetici Comunale e Provinciale) in un'area del tessuto storico attualmente in degrado. Tenendo in considerazione il principale strumento normativo in materia energetica nonché gli altri strumenti attuativi del comune, l'obiettivo di ridurre considerevolmente l'uso di risorse non rinnovabili (e di conseguenza il fabbisogno energetico dell'edificio) viene perseguito attraverso scelte di diverso tipo, concernenti l'orientamento, il percorso del sole, i dati microclimatici

della zona da un lato, e l'aspetto tecno-tipologico dall'altro. Si cerca dunque di proporre il progetto come "evoluzione" e applicazione degli strumenti attuativi e normativi per la difesa della risorsa energia, con la possibilità di dimostrare che questi vincoli possono essere letti anche in chiave di "libertà espressiva" oltre che di efficacia energetica.

# 1

# LA SOSTENIBILITA' IN ARCHITETTURA

## 1.1 – L'approccio al concetto di sostenibilità

Il tema della sostenibilità è oggi di grande attualità, e la sua importanza deriva dalla universalità d'applicazione: riferendosi infatti alla capacità o meno dell'ambiente di "sostenere" senza grossi danni i cambiamenti e gli artifici dovuti all'uomo, esso può sottendere tutte le attività antropologiche. Il bisogno di rispettare la natura e il suo equilibrio è risultato essere di primaria importanza specialmente da quando le conseguenze del nostro agire sul pianeta hanno assunto risvolti a volte anche drammatici.

Basti pensare all'ormai noto buco dell'ozono, provocato dall'immissione nell'atmosfera di gas che, per le loro proprietà chimiche, disintegrano lo strato di ozonosfera che circonda la Terra laddove è più sottile, con conseguente innalzamento del livello del mare e lo scioglimento dei ghiacci perenni nei pressi dei poli; all'innalzamento della temperatura media sulla superficie terrestre, di circa un grado nell'ultimo secolo, e destinato ad aumentare ancora, secondo i più recenti studi, di oltre 2,5°C entro il 2100: questo ha comportato gli scompensi stagionali di cui siamo testimoni, la migrazione di alcune specie di animali verso zone a temperature più miti, sconvolgimenti nella flora, e disagi per l'uomo; di non poco conto poi ai fini dell'equilibrio dell'ecosistema sono conseguenze più direttamente legate all'agire umano: il progressivo ed incessante consumo di suolo per l'espansione urbana e delle attività compromette una risorsa non rinnovabile, molto spesso in modo irreversibile; l'aumento dei rifiuti, problema globale, contribuisce in modo diretto all'impoverimento del terreno e ne pregiudica l'utilizzo; l'inquinamento prodotto dai veicoli, ma anche e soprattutto dalle attività, ha un ruolo fondamentale nella esponenziale crescita di malattie cardio-respiratorie degli ultimi decenni, a causa dell'avvelenamento dell'aria atmosferica per l'immissione di sostanze e gas non presenti naturalmente nella sua composizione; la gigantesca nube tossica, frutto di incendi dissennati delle foreste asiatiche e di un accentuato inquinamento industriale, che si sta progressivamente spostando sui cieli occidentali.

Questi sono soltanto alcuni e tra i più noti effetti della modificazione dell'equilibrio ecosistemico ad opera dell'uomo. Da sempre infatti il fine ultimo di ogni attività umana è stato quello di modificare la natura per renderla maggiormente vivibile e rispondente ai bisogni della società. Negli ultimi secoli però questi cambiamenti hanno assunto un carattere più aggressivo e poco rispettoso del delicato equilibrio naturale, portando così allo scenario, piuttosto preoccupante, oggi evidenziato.
La maggiore consapevolezza da parte dell'umanità del proprio ruolo in questo sconvolgimento ha portato a riflessioni, spesso anche molto critiche, su come porvi rimedio, ridimensionando il rapporto natura-uomo a favore della prima. Il problema, ineludibile, è stato largamente discusso in molti incontri e dibattiti internazionali, per la necessità di affrontarlo con mezzi e mentalità comuni a tutta la società umana: da questi convegni nasce il concetto di **"sviluppo sostenibile"**, grazie al quale poter definire il

giusto “carico” che l’ambiente è in grado di sopportare e metabolizzare senza alterare equilibri già fortemente sollecitati, anche e soprattutto in termini, più pragmatici, di utilizzo indiscriminato e spreco di risorse (soprattutto non rinnovabili).
La parola “sviluppo” comporta necessariamente considerazioni sul futuro, coinvolgendo anche le generazioni che ci seguiranno: come si sostiene emblematicamente nel Rapporto Bruntland (1987), “sostenibile” è uno sviluppo che garantisce l’equità intergenerazionale, coniugando interessi di tipo ambientale, politico, economico e sociale nel lungo periodo.
Nella consapevolezza che sviluppo e inquinamento dell’ambiente (inteso in senso lato) hanno uno stretto legame, motore di quella che viene definita da Carlo Monti e Riccardo Roda la “trappola dello sviluppo” (AA.VV., 2002, p.9), una strada percorribile sembra essere quella del rigore per quanto riguarda le politiche interne agli Stati più sviluppati, e dell’aiuto e della solidarietà verso i Paesi sottosviluppati.
Dunque così come l’uomo si è reso responsabile dell’alterazione del rapporto con l’ambiente, ora assume il ruolo di garante di sé stesso nel controllo delle proprie attività e nel rispetto dell’ecosistema da cui dipende la sua sopravvivenza.

Anche l’architettura, in quanto disciplina che ha come fine proprio la modifica dello spazio e dell’ambiente per renderli più vicini ai bisogni dell’uomo, può a questo proposito fare molto per migliorare il suo impatto ed essere così maggiormente “sostenibile”: esiste, a questo proposito, una gamma di azioni e strategie che vanno dalla pianificazione urbanistica fino allo studio di nuovi materiali e tecnologie innovative che considerano centrale il tema della progettazione nel rispetto dell’ecosistema.
Uno degli ostacoli alla messa in atto di tali strategie è costituito dal passaggio dalla nozione di sviluppo sostenibile, da tutti auspicato, all’applicazione di strumenti e metodi per individuare e raggiungere obiettivi concreti e fattibili, cosa non ancora avvenuta, sia per la problematicità di armonizzare opinioni divergenti, sia per i tanti ostacoli di varia natura che intervengono in situazioni così complesse.

### *1.1.1 – Un approccio globale alla sostenibilità: le Conferenze Internazionali*

Essendo chiaro il coinvolgimento planetario nella compromissione del rapporto uomo-natura, è stato necessario affrontare il problema attraverso conferenze e incontri internazionali, il più recente dei quali si è tenuto a Johannesburg (Sudafrica) nell’estate 2002. Lo scopo di questi incontri non può e non vuole essere quello di risolvere il problema nell’immediato, ma, a fianco di iniziative concrete e prese di posizione da parte dei leader politici, quello di sensibilizzare le nazioni e con esse tutta la popolazione mondiale, sulle conseguenze di politiche irrazionali e poco lungimiranti.
L’impoverimento delle risorse, il degrado ambientale e gli scenari prima prospettati possono infatti essere contrastati solamente mediante un’inversione di rotta coerente e coesa da parte di tutti i soggetti coinvolti, ovvero tutte le popolazioni, a partire dai capi di Stato e di Governo fino alle Amministrazioni locali.
Per sviluppo sostenibile si intende evoluzione della società umana nel pieno rispetto dell’ambiente che la ospita, soprattutto in termini di risorse, fisiche, umane, culturali, necessarie allo svolgimento di tutte le attività. Queste devono essere adeguatamente preservate perché la popolazione mondiale possa continuare a trarne vantaggi, oggi e in futuro. Ciò si traduce principalmente nel cercare di evitare che il consumo di risorse superi la produzione delle stesse, comportando quindi una conoscenza attenta e precisa del territorio e delle risorse in esso presenti, e delle loro possibilità di sfruttamento.
Ma se lo sfruttamento eccessivo delle risorse è sicuramente la problematica più evidente, non è l’unica da fronteggiare, date le implicazioni sociali, culturali, politiche ed

economiche che contribuiscono allo squilibrio dell'ecosistema. Esse costituiscono una fitta rete di relazioni non solo multidisciplinari, ma anche tra le varie nazioni: per questo è necessario affrontare il problema in contesti internazionali, in questi ultimi anni sempre più frequenti, da cui dovrebbe nascere una strategia comune e sovranazionale. La sottoscrizione, spesso proprio durante questi incontri, di trattati e convenzioni parte dal presupposto dell'ineludibilità del problema della salvaguardia dell'ecosistema e della necessità di condividere politiche, tecnologie e know-how tra le nazioni, specialmente quelle in via di sviluppo.

Dalla prima, e ormai storica, definizione di sviluppo sostenibile del **rapporto Bruntland** (1987), molti passi in avanti sono stati fatti dalla diplomazia internazionale al fine di determinare concretamente le azioni necessarie ad uno sviluppo coerente con quello ambientale, in generale come in un campo specifico quale quello dell'architettura.
In particolare, è con la **Conferenza "Ambiente e Sviluppo" di Rio de Janeiro**, (1992) che vengono stabiliti obiettivi e strategie chiare per lo sviluppo della società nel XXI secolo.
In questo importante summit internazionale, a cui parteciparono 183 Paesi, si fece un passo avanti rispetto alla definizione Bruntland, in quanto veniva specificata la necessità di perseguire uno "sviluppo ecologicamente sostenibile e socialmente equilibrato".
Per la prima volta veniva cioè introdotta una sfumatura anche sociale, meno pragmatica di quella precedente e non esclusivamente volta alla conservazione delle risorse. L'attenzione è data in ugual misura alla salvaguardia dell'ambiente e della società, mentre nella definizione Bruntland l'uso razionale delle risorse era finalizzato alla sopravvivenza delle generazioni presenti e future, senza accennare al "carico" cui l'ecosistema viene sottoposto proprio dalla società, e agli squilibri che ne derivano.
In vista del XXI secolo vengono fatti degli sforzi, per lo meno sulla carta, per integrare le questioni ambientali con quelle socio-politico-economiche, in un'ottica intersettoriale indispensabile per perseguire adeguatamente l'obiettivo dello sviluppo sostenibile.
Un importante documento di indirizzo verso tale meta, nato grazie all'incontro di Rio de Janeiro, e avviato con la successiva **Carta di Aalborg (1994),** è l'Agenda 21, e la conseguente Agenda 21 Locale, che rispettivamente a livello globale e locale (comunale in Italia) devono rispettare i principi dell'agire sostenibile e promuoverli presso la cittadinanza, rendendola attivamente partecipe delle scelte riguardanti il territorio ed il suo sviluppo.
In Italia sono circa 500 i Comuni e gli enti locali (Province, Regioni, Comunità montane, Enti parco) che hanno formalmente avviato processi di Agenda 21 Locale. L'obiettivo è porre chiaramente in evidenza le condizioni dell'ambiente locale (attraverso la redazioni di specifici Rapporti sullo Stato dell'Ambiente – RSA), per individuare e realizzare azioni condivise dalla comunità.
Nel maggio 1992 a New York venne elaborata la Convenzione Quadro della Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UN-FCCC), presentata e approvata nel corso del Vertice su ambiente e sviluppo (Earth Summit) di Rio de Janeiro. Questa, firmata da 154 Nazioni, operativa dal 1994 e ratificata dall'Italia con la Legge del 15 gennaio 1994, n. 65, (G.U. del 29 gennaio 1994, n.23) sanciva una serie di obblighi, differenziati a seconda del grado di industrializzazione dei Paesi contraenti, al fine di contenere le emissioni di gas serra entro un certo limite per non sconvolgere definitivamente e irreparabilmente il già delicato equilibrio climatico del pianeta. Venne altresì istituita la Conferenza delle Parti, organo supremo decisionale con il compito di controllare l'effettivo svolgimento delle azioni per il raggiungimento degli obiettivi posti dall'UN-FCCC. In particolare, durante la sua terza sessione plenaria, tenutasi a Kyoto nel 1997, la Conferenza delle Parti ha adottato il **Protocollo di Kyoto** (10 dicembre 1997) atto esecutivo che contiene le decisioni di attuazione degli impegni più urgenti e prioritari,

quali ridurre le emissioni di gas serra del 5,3% rispetto ai valori rilevati nel 1990, entro il periodo 2008-2012.
Coinvolgendo Paesi industrializzati e con economie di transizione, il protocollo di Kyoto chiedeva la messa a punto di politiche nazionali per aumentare l'efficienza energetica nei settori più rilevanti dell'economia nazionale e l'introduzione di politiche economiche, incentivi fiscali e finanziamenti appositamente studiati.
Gli obiettivi e i risultati di queste Conferenze Internazionali, le più significative tra le tante che hanno avuto luogo in questi anni, sottolineano la necessità di una strategia globale verso la sostenibilità. Alla luce di queste considerazioni, anche l'architettura può e deve contribuire a raggiungere i traguardi di uno sviluppo in sintonia con l'ecosistema: attività umana per eccellenza, trasforma e sfrutta l'ambiente per soddisfare i bisogni della collettività; è di primaria importanza dunque che, nel modificarlo, lo faccia consapevolmente e rispettando limiti e vincoli imposti dal buonsenso e soprattutto dalle normative, dalle leggi e dagli strumenti atti a tutelarne l'interesse.
A questo proposito, proprio a partire da alcuni incontri internazionali sono nate, a livello europeo, leggi e direttive che contribuiscono in maniera diretta e concreta a fare dell'architettura una scienza sempre più sostenibile: sia dal punto di vista del risparmio di risorse in generale e di energia in particolare, sia dal punto di vista dell'impatto ambientale. Queste possono costituire importanti linee guida cui attenersi nella progettazione di nuove costruzioni, come nella ristrutturazione del patrimonio architettonico esistente.

## 1.2 – Le difficoltà d'applicazione e le implicazioni nell'architettura

Dalla breve analisi sin qui effettuata sugli sviluppi, in Italia ed in Europa, dell'uso di energia rinnovabile e di tecnologie sostenibili in architettura, si può pensare che queste abbiano raggiunto un elevato livello di diffusione. In realtà ancora oggi non possiamo contare su una casistica di rilievo per quanto riguarda l'edilizia sostenibile che, in particolare nel settore residenziale, ne costituisce una parte infinitesimale.
Per quanto siano più numerosi gli esempi di insediamenti improntati su tematiche di rispetto ambientale, essi rimangono ancora modesti e circoscritti, spesso legati a programmi speciali finanziati dai singoli Governi o dall'Unione Europea, o comunque difficilmente riproducibili in contesti diversi da quello specifico in cui sono stati realizzati.
Uno degli obiettivi che la società moderna si pone rispetto allo sviluppo sostenibile è di incrementare la conoscenza e l'utilizzo di tecniche e tecnologie che permettano un uso più razionale delle risorse e il rispetto per l'ambiente. Questo è perseguito sia attraverso programmi di ricerca che pongono l'attenzione sulle tecnologie più avanzate, ma anche con sperimentazioni che tengono conto delle antiche regole del costruire, affondando le radici nella tradizione costruttiva dei luoghi, e infine puntando l'attenzione anche sulla formazione dei professionisti.

### *1.2.1 - Ricerca e didattica*

La principale spinta progressista ed innovatrice dell'architettura deriva dal settore della ricerca, spesso strettamente connesso al mondo accademico e di formazione dei professionisti. In questo ambito privilegiato sono stati fatti molti importanti passi in avanti fatti negli ultimi decenni, soprattutto per la consapevolezza della necessità di integrare i temi legati alla sostenibilità nella didattica, al fine di sensibilizzare e formare i futuri progettisti.
Le prime e più significative esperienze italiane si svolsero a partire dagli anni Ottanta ed erano volte all'applicazione su larga scala di nuove tecnologie (collettori solari, serre,

isolamento spinto) e alla redazione di linee guida per la progettazione e la costruzione di edifici solarizzati attivi e passivi. In particolare si ricorda un programma di edilizia sperimentale di nuove tipologie edilizie a forte risparmio energetico, con la realizzazione di 17 edifici in Piemonte (per un totale di 500 alloggi di edilizia economica e popolare), svolto grazie ai contributi della CEE e del Ministero dei Lavori Pubblici: fu il primo intervento su larga scala effettuato in quegli anni in Europa e fu coordinato dal gruppo di ricerca capeggiato da Lorenzo Matteoli, insieme a Bruno Caudana, Mario Grosso, Raffaella Pagani, Gabriella Peretti. Nello stesso periodo furono elaborati alcuni strumenti per l'analisi energetica degli edifici e pubblicati libri che divennero supporti per le attività progettuali a livello energetico.
Questo tipo di esperienze ebbero notevole influenza sull'attività didattica di molti docenti, (che spesso erano i protagonisti delle ricerche stesse) e vide la partecipazione attiva di molti istituti e centri di ricerca, quali il CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche, le Università, l'IEA – International Energy Agency .
Parallelamente vengono proposti, al fine di sensibilizzare operatori del settore e comunità, campagne europee e competizioni, concorsi d'idee aperti a professionisti e studenti, tra cui si segnalano: *Living in the City* (1989), *Solar building* (Stuttgart Universität, Enea, University of Athens, LaSapienza), *TIA Student Building Competition* (Università di Firenze, Oxford Brookes University – 2000). Quest'ultima iniziativa in particolare riveste una notevole importanza per gli obiettivi che si poneva e i soggetti a cui si rivolgeva: l'obiettivo del concorso, rivolto a studenti di architettura, era la sensibilizzazione di questi ultimi rispetto al proprio ruolo nella progettazione e realizzazione di "edifici sostenibili" e della "città del futuro". In particolare il bando di concorso originale, di cui viene riportato un estratto, considera imperativo il considerare, nella fase di progettazione, alcuni elementi (tra cui soluzioni tecnologiche energeticamente efficienti, uso di energie rinnovabili e riciclate, sostenibilità delle soluzioni etc.)

***BACKGROUND***

*The main objective of the competition is to enhance the knowledge of students in Schools of Architecture of the issues of Sustainability in Buildings. Competition entries should demonstrate that the following issues have been considered during the design process:*

- *Lifecycle management of the building*
- *Use of renewable and recycle sources*
- *Selection of materials with the least environmental impact*
- *Energy-efficient solutions*
- *Sustainability of solutions*
- *Good site design*
- *The impact of future climate change on the long-term performance of the building*
- *Durability and flexibility of the proposed building*
- *The quality of the internal and external environment for building users and citizens*

*[…]*

***COMPETITION OBJECTIVES***

*One of the most effective ways of expanding knowledge on Sustainable Architecture and its influence on architectural design is to make it part of the core curriculum in Schools of Architecture. A competition amongst Schools of Architecture in the countries of the*

*European Union seems an appropriate way to encourage these institutions to be more active in this important and rapidly developing field. The aim of the competition will be to produce a design for a refurbishment of an office block or a new commercial complex for the year 2000.*

*In the process of designing these buildings students will also address the issues of what energy-efficient buildings of high architectural quality might look like in the future, be they refurbishments or new-build. New technologies have often been the inspiration for new forms of architectural expression in the past. In this competition students may use as wide a palette of design strategies and elements as they like from the past, the present or the future, as long as they combine in the design to promote the Sustainability of the eventual solution.*

Estratto del bando di concorso, tratto dal sito www.brookes.ac.uk/schools/arch/res/tiacomps.htm

Tab. 1 – Estratto del bando del concorso *TIA Student Building Competition* (Università di Firenze, Oxford Brookes University – 2000).

Il successo dell'iniziativa, conclusa il 10 luglio 2000 con la "International Conference and Competition TIA 2000 – Teaching in Architecture energy and environment" a Oxford, è stato sancito dall'attiva partecipazione di alcune tra le principali università europee e del Sud America (Argentina, Brasile, Cuba), che ha favorito il confronto sui temi e i metodi didattici da adottare, ma anche e soprattutto dagli studenti, partecipi e consapevoli dell'importanza del dibattito culturale internazionale di cui erano protagonisti.

A seguito dell'esperienza sopra presentata è stato costituito il Centro Interuniversitario di Ricerca ABITA (Architettura Bioecologica e Innovazione Tecnologica per l'Ambiente), che coinvolge le università di Milano, Firenze, Roma, Napoli. Questa struttura nasce con l'intento di collegare le strutture universitarie italiane al fine di collaborare e scambiarsi informazioni, dati, metodi per migliorare la didattica e la ricerca e favorire l'assimilazione dei principi della bioarchitettura e delle tecnologie ambientali. Tale Laboratorio sperimentale (presente anche al Politecnico di Milano, presso il dipartimento DITec) vuole costituire un valido aiuto alle università e ai loro docenti per l'integrazione dei principi alla base del progettare energeticamente ed ambientalmente consapevole.

Per quanto riguarda più specificamente il tema della didattica, è accertato che in quasi tutte le facoltà italiane di Architettura, e in particolare nell'ambito di "Tecnologia dell'architettura", molti siano i docenti che si occupano di tematiche ambientali, anche se nella maggior pare dei casi la trattazione degli argomenti è generica e superficiale, volta a dare indicazioni sui fenomeni fisici climatici, o sui materiali e le risorse da utilizzare (1).

Ciò porta alla necessità di una rilettura e riorganizzazione della didattica stessa (universitaria e oltre), che deve essere in grado di fornire gli strumenti necessari per un nuovo modo di concepire il progetto di architettura.
Il concorso rivolto a progettisti e studenti, strada intrapresa spesso con successo, può essere un valido strumento per la sensibilizzazione sempre più capillare dei soggetti direttamente chiamati in causa nella realizzazione dell'architettura del futuro, ma anche dei suoi fruitori, della società; possono essere un modo perché la nuova mentalità

sostenibile, che per viene applicata attivamente a pochi interventi, entri a far parte della quotidianità del costruire e del concepire l'architettura, costituendo uno stimolo per migliorarla sotto ogni punto di vista: estetico, energetico, ambientale e funzionale.

### *1.2.2. - La lenta innovazione dell'architettura: aspetti culturali e strutturali*

concorrono molte cause, prima tra tutti la sostanziale indeterminatezza in cui aleggia il termine "sostenibilità" (in architettura come in qualsiasi altro campo), che rende molto difficile stabilire un percorso di crescita e di evoluzione grazie al quale cambiare la mentalità odierna del fare architettura. Questo "sbandamento" produce come effetto una lenta e difficile innovazione del settore edilizio stesso, dal momento che l'obiettivo finale può essere diversamente inteso e altrettanto diversamente perseguito da ciascuno.
Pur essendo questo a mio avviso il grande ostacolo, alcune cause minori, ma altrettanto importanti, possono essere evidenziate ed analizzate separatamente (anche se poi l'effetto va letto nel complesso).
Nonostante l'aspetto dell'architettura odierna sia sostanzialmente un inno all'innovazione – grazie all'introduzione di materiali sempre più sofisticati, elaborati, trasferiti da altre discipline; alla messa a punto di tecniche costruttive sempre più perfezionate, studiate nei minimi dettagli etc. – ad un'analisi più approfondita si nota come questa costituisca in realtà una parte infinitesimale del patrimonio edilizio costruito negli ultimi decenni: l'architettura diffusa, l'architettura non monumentale o di rappresentanza, quella che incontriamo tutti i giorni è restia ad abbracciare questa concezione.
In molti casi questo è dovuto ad aspetti che potrebbero essere chiamati "culturali e strutturali": un ruolo importante è ricoperto dalla non adeguatezza di chi l'architettura la idea e la costruisce, che non ha gli strumenti, le conoscenze, la volontà di ripensare le tecniche costruttive tradizionali in chiave di sostenibilità, ad esempio con una particolare attenzione verso un minor impatto ambientale, lo sfruttamento di risorse rinnovabili, l'integrazione di nuove tecnologie meno "energivore" rispetto a quelle usualmente utilizzate; ulteriore ostacolo è incarnato poi dalla diffidenza di operatori e utenti verso la possibilità di migliorare con queste strategie la qualità della vita e dell'architettura. Questo in particolare è molto accentuato nel settore residenziale, dove è più difficile coniugare sviluppo economico, sociale e tecnologico, specialmente in contesti già consolidati.
Dal punto di vista "strutturale" i problemi sono proprio le questioni economiche e tecnologiche: aspetti più "materiali" rispetto a quanto sopra accennato, ma spesso preponderanti vista la non completa competitività delle realizzazioni effettuate seguendo tale politica.

#### *1.2.2.1 – Implicazioni economiche*

In un'epoca come quella contemporanea, dominata e governata principalmente da fattori economici, non è raro che siano proprio questi a determinare il successo o meno delle iniziative legate all'innovazione dell'architettura. Prima ancora della difficile applicabilità su vasta scala delle tecnologie, occorre superare gli ostacoli legati ai finanziamenti e alle spese sostenute per e dalla ricerca che le ha messe a punto: essendo l'architettura una disciplina "pratica", l'attività di ricerca consiste per lo più nella progettazione di edifici sperimentali e dimostrativi, la cui realizzazione è spesso economicamente sostenuta da interventi statali o europei, e la cui finalità è principalmente la conoscenza e la diffusione tra il pubblico, costituito non esclusivamente da addetti ai lavori, delle tecnologie utilizzate e delle loro potenzialità. La mancanza o l'insufficienza di questi finanziamenti conduce inevitabilmente al

mancato raggiungimento dell'obiettivo prefissato, o al suo raggiungimento parziale, contribuendo così al rallentamento nel processo di innovazione dell'architettura e soprattutto del metodo di progettazione.
L'integrazione di tecnologie e accorgimenti tradizionali – portici, serre e sistemi solari in generale, corretto orientamento dell'edificio, tipologie - con quelle di recente scoperta - ad esempio sistemi fotovoltaici o a pannelli solari – è tuttora una pratica poco consolidata nella progettazione architettonica, e ciò si traduce in un dispendio notevole di risorse - di tempo ed energie da parte del progettista impegnato e di denaro per far fronte alle necessità.
La scarsa applicazione di questa metodologia progettuale rispettosa dell'ambiente e delle condizioni al contorno (la cui finalità è sia il corretto sfruttamento delle risorse sia il pieno soddisfacimento delle persone che abiteranno l'architettura) costituisce un costo notevole dal punto di vista economico, dato che il mercato è ancora (relativamente) poco ricettivo da questo punto di vista: per quanto la sostenibilità nel comparto edilizio sia un concetto che aleggia già da diversi anni – e in modo determinante ha contribuito l'Earth Summit di Rio de Janeiro, 1992 – e la sensibilità nei confronti di questo tema si allarghi ad un pubblico sempre più ampio e numeroso, dal punto di vista della attuazione concreta ci si trova ancora in una fase iniziale e piuttosto delicata.
Questo problema riguarda tutti i tipi di edifici, sia di nuova costruzione che già realizzati. Nel primo caso, l'inserimento delle tecnologie (sia quelle sofisticate ed high-tech che quelle più semplici, già disponibili sul mercato e dunque economicamente più vantaggiose) deve avvenire già nella fase euristica, ideativa: solo così infatti, concependo il progetto nella sua totalità, è assicurato il corretto funzionamento di ogni singola parte dell'edificio una volta realizzato, ed è possibile parlare di *integrazione* di tali sistemi nell'architettura, anche dal punto di vista estetico - formale. Quest'ultima soluzione è sicuramente la più vantaggiosa sotto ogni punto di vista, soprattutto economico.
Per interventi più ridotti, partendo dal presupposto che il primo passo per garantire una più efficace gestione energetica degli edifici è quello di ridurre drasticamente i consumi, la strategia migliore può essere quella di utilizzare maggiormente le tecnologie che sono state chiamate "tradizionali" nel paragrafo precedente, semplici e già disponibili sul mercato, intervenendo per lo più sull'involucro del fabbricato e migliorando resistenza termica e tenuta all'aria.
I costi dell'integrazione negli edifici di sistemi per il risparmio energetico o comunque rispettosi dell'ambiente crescono considerevolmente qualora questi debbano essere inseriti in architetture già esistenti e con diverse problematiche, tanto da risultare a volte non convenienti per lo meno sul breve periodo. Questo scoraggia spesso i committenti o comunque i proprietari dall'intraprendere tali interventi di ripristino o ristrutturazione, nonostante il valore aggiunto costituito da questi sistemi (e la conseguente rivalutazione economica del fabbricato) e il risparmio – economico oltre che di risorse - che questi permettono di avere una volta ammortizzata con l'uso la spesa sostenuta.
È soprattutto in queste circostanze che si registra la necessità di un più rapido cambio di mentalità e una maggiore consapevolezza da parte di tutti, possibile grazie ai risultati concreti e sperimentati raggiunti dalla ricerca e grazie alla diffusione dei dati sulle potenzialità delle nuove tecnologie affiancate alle tradizionali.

Entrando nello specifico del mercato europeo si possono verificare alcune disomogeneità, dovute principalmente alla diversa diffusione di edifici passivi o ad alta efficienza energetica: in Italia la sostanziale carenza di tali esempi rende difficile l'analisi di mercato, non essendo questo ancora (o solo in parte) influenzato dalle nuove tecnologie. In zone come la Scandinavia o Paesi come Germania e Svizzera, in cui le prime realizzazioni a basso consumo energetico sono datate intorno agli anni Ottanta, la

tecnologia si è sviluppata in particolare nel decennio successivo e ha favorito la creazione di una nicchia di mercato nella cerchia di persone particolarmente sensibili ai problemi ambientali e disposte a pagare anche un prezzo maggiore per avere un'abitazione ecologica e a basso consumo di energia. L'ostacolo principale alla diffusione di edifici, soprattutto residenziali, eco-compatibili era principalmente il loro prezzo, aumentato anche del 10% rispetto ai costi di una casa "tradizionale": non tutti gli acquirenti erano disposti a sostenere costi così elevati, specialmente se l'acquisto della casa avveniva tramite crediti o mutui a lungo termine.
Per superare questo problema architetti e progettisti hanno indirizzato gli sforzi verso il contenimento dei costi, tramite l'applicazione di sistemi razionalizzati, l'uso di elementi prefabbricati, il coinvolgimento delle imprese nel processo della progettazione allo scopo di ridurre il periodo di costruzione.
Queste continue sperimentazioni, l'avanzamento della ricerca e l'affinamento delle tecnologie hanno portato a nozioni che consentono una riduzione dei costi aggiuntivi al minimo e, in alcuni casi, a zero. Molti elementi speciali che prima dovevano essere costruiti in maniera artigianale, ora vengono prodotti industrialmente e quindi a costi minori (2), tanto da poter arrivare ad avere edifici ad alta efficienza energetica ed elevato comfort con costi di costruzione notevolmente ridotti, ampliando il mercato di questi edifici e permettendo di offrire gli alloggi a prezzi concorrenziali.
Parallelamente, è cresciuta la sensibilità ambientale della gente e, per questo motivo, le case a basso consumo energetico trovano sempre più acquirenti anche al di fuori della sola cerchia "ecologista", anche se non ancora sufficienti da costituire una importante fetta di mercato. Recenti studi empirici effettuati in Svizzera dimostrano come l'attenzione degli abitanti non è esclusivamente volta all'aspetto ecologico o economico dell'abitazione: la richiesta è per edifici a basso consumo energetico ed alto comfort abitativo. Essendo questo un aspetto non accertabile a priori, e dunque passibile di scetticismo, per porre sul mercato in modo concorrenziale questo tipo di case, produttori e venditori danno la possibilità all'interessato di visitare l'alloggio e abitarvi per qualche giorno. Una strategia di marketing per dimostrare alla clientela, sempre più vasta, i vantaggi di una casa ad alta efficienza energetica.
In Italia la situazione è profondamente diversa: la mentalità del mercato e della popolazione non ha ancora perfettamente recepito i cambiamenti avvenuti nel resto dell'Unione. A questo stallo ha contribuito anche l'apparato legislativo del nostro Paese, che solo recentemente ha destinato fondi e finanziamenti per la costruzione di edifici a basso consumo energetico o in cui venivano applicate tecnologie di risparmio energetico quali pannelli solari o celle fotovoltaiche (ad esempio il "Programma 10000 tetti fotovoltaici). Questo tipo di investimenti a fondo perduto, che ad un'analisi estrema potrebbero addirittura essere considerati un ostacolo allo sviluppo reale del mercato, risultano ancora input fondamentali in un Paese dove l'andamento del mercato delle fonti energetiche convenzionali è difficilmente prevedibile, e come tale investire in questo tipo di tecnologie può essere un rischio; tuttavia questo è volto a favorire la nascita e la crescita di un nuovo mercato delle tecnologie bioclimatiche e sostenibili, coinvolgendo imprese, progettisti, cittadini e generando nuovi posti di lavoro.
Stiamo dunque percorrendo lo stesso cammino intrapreso qualche decennio fa dalle Nazioni del Nord e Centro Europa, lentamente avviati verso l'innovazione sostenibile.

#### *1.2.2.2 – Implicazioni tecnologiche*

Il discorso sulle implicazioni tecnologiche è strettamente legato alla questione economica sopra esposta, alla formazione dei professionisti e non ultima alla risposta da parte della società alle problematiche ambientali.

La ricerca finora condotta sul tema del risparmio di risorse, sull'impatto ambientale, sul comfort degli utenti ha dato molti risultati: grazie ad essa è possibile oggi assecondare quasi ogni scelta formale e tipologica del progettista senza perdere di vista l'obiettivo principale, mantenendo un elevato livello di perfezionamento delle tecnologie stesse. Basti pensare che nel settore residenziale le combinazioni più avanzate ed innovative di iperisolamento e ventilazione ha portato alla realizzazione di abitazioni completamente prive di impianto di riscaldamento tradizionale (soluzione piuttosto diffusa in Germania, dove per tali case è stato coniato il termine di *Passivhaus*) (3). Tali risultati possono essere raggiunti facilmente grazie ad una corretta progettazione da parte dell'architetto, che deve però essere in grado di padroneggiare le tecniche e effettuare le scelte corrette per il risparmio energetico, senza atrofizzare la progettazione riducendola a pura fisica tecnica. Le lacune dei progettisti nascono, come già sottolineato, dalla scarsa informazione e specializzazione sul tema, arginata in alcuni casi da corsi di formazione post-universitari o dalla volontà del singolo di approfondirne la conoscenza. In questo modo viene così a mancare la "cultura della sostenibilità", base imprescindibile da cui partire per il già auspicato cambiamento di mentalità progettuale.
Per quanto riguarda l'industria, essa continua a sviluppare sistemi edilizi in grado di soddisfare ogni esigenza, formale, tecnologica o prestazionale, con una tendenza spiccatamente avanguardistica: in questo modo però si rischia di eccedere nel tentativo – peraltro spesso riuscito – di migliorare ed affinare l'aspetto estetico e prestazionale di certi sistemi perché possano essere facilmente integrati negli edifici sia a scopo dimostrativo che funzionale, tralasciando quelle che sono invece le reali esigenze dell'edilizia diffusa (uffici e residenze) di tecnologie e soluzioni più "sobrie". Questo processo inoltre rischia di rallentare maggiormente la diffusione degli stessi sistemi, in quanto attualmente nel settore edile le licenze per tali nuove tecnologie sono oggetto di lotte e faticosi iter burocratici.
Infine si deve considerare che le tecnologie più innovative, per quanto oggetto di verifiche e sperimentazioni, possono essere effettivamente valutate solo sul lungo periodo, e spesso dopo la realizzazione non mantengono le prestazioni ipotizzate in fase di progetto: l'effettivo comportamento energetico dell'edificio è dunque difficilmente prevedibile con esattezza, e ciò certamente non favorisce l'uso di tali tecnologie di fronte a soluzioni maggiormente "collaudate" ed efficienti.

### 1.3 – Sostenibilità e architettura

Il concetto di sostenibilità in architettura è stato affrontato per la prima volta negli anni '70 del secolo scorso, un periodo di ampia sperimentazione in cui gli operatori del settore erano animati da curiosità scientifica e dall'idea dell'innovazione. Gli edifici costruiti in quegli anni erano vicini all'essere macchine per abitare, sofisticate soprattutto dal punto di vista energetico: la prima crisi petrolifera aveva messo in discussione lo spreco dissennato di risorse quali petrolio ed energia, coinvolgendo tutti i settori in cui queste erano fondamentali e rendendo necessario un affrancamento dall'egemonia petrolifera. In architettura questo si tradusse in tecnologie ed espedienti sempre più sofisticati mirati al risparmio energetico, senza però porre attenzione ad altri aspetti quali ad esempio il comfort degli abitanti, la manutenzione degli edifici, e l'impatto sull'ambiente, sottolineando, anche nel risparmio energetico, la preponderanza del fattore economico. Il risultato fu una serie di realizzazioni le cui caratteristiche e i cui pregi erano noti solo agli specialisti del settore, mentre l'utenza generalizzata non era stata adeguatamente messa al corrente degli obiettivi e dei risultati di questa politica.

### *1.3.1 – Uso razionale delle risorse e risparmio energetico*

La grande differenza con il bisogno di sostenibilità in architettura evidenziato in questi anni, nonostante si parli ancora, e a buona ragione, di risparmio energetico, è proprio nel diverso tipo di messaggio che si vuole lanciare: è diventata precipua la partecipazione e la consapevolezza della popolazione, oltre che quella dei singoli progettisti e ricercatori alle prese con le soluzioni sempre più all'avanguardia e sempre più rispettose dell'ambiente. Aumentando la coscienza dei problemi ambientali nella collettività, cresce parallelamente la popolarità di un nuovo modo di concepire il rapporto uomo-natura (o artificio-natura)
Il passo successivo che questa nuova cultura progettuale è chiamata a fare è un salto di qualità: invece di considerare la sostenibilità un valore aggiunto presente in alcuni edifici, occorre farla entrare nel quotidiano della progettazione come elemento consolidato.
La necessità di ridurre l'impatto delle nostre attività sull'ambiente è pressante: basti pensare che l'uso di combustibili fossili è responsabile al 90% della produzione di $SO_2$ e $NO_x$, gas provocanti l'effetto serra, e che circa un terzo dei consumi di energia del nostro Paese (dati che si allineano con gli altri Paesi europei) viene speso solo per scaldare, raffreddare, illuminare gli ambienti. Inoltre, della richiesta globale di energia, secondo alcune recenti statistiche rilevate dall'ENI, soltanto il 7% viene coperto mediante l'utilizzo di energia rinnovabile, mentre il restante 83% viene spartito tra combustibili fossili (circa 95%) ed energia nucleare (5%). Questa disparità così accentuata è determinata in gran parte dalla scarsa conoscenza delle fonti energetiche rinnovabili e delle loro potenzialità, anche se decisiva è la non completa competitività economica di queste ultime (almeno nell'immediato: un'analisi sul lungo periodo evidenzia infatti vantaggi economici relativi a manutenzione, costi d'utilizzo ecc.) e la insufficiente diffusione di sistemi alternativi.

Il risparmio energetico dunque è una costante nell'evoluzione del concetto di sostenibilità in architettura dal 1970 ad oggi, cresciuto e modificato insieme alle tecnologie e alle tecniche a disposizione dell'uomo, tuttavia non è il solo aspetto della sostenibilità oggi riconosciuto dai maggiori progettisti.
L'ampia sperimentazione cui si sta assistendo in campo edilizio infatti mostra un crescente interesse anche per questioni più pragmatiche, per esempio i materiali: alcuni grandi architetti come Norman Foster, hanno riscoperto le possibilità offerte dai materiali tradizionali, possibilità non solo espressive ma anche di minor impatto ambientale rispetto a materiali innovativi ed high-tech finora utilizzati nelle realizzazioni tecnologicamente più avanzate. Questo conduce quindi all'utilizzo di tecniche costruttive e progettuali differenti, fortemente influenzate dall'inversione di tendenza verso una maggiore consapevolezza ambientale: ciò ridisegna la mappa dei rapporti tra uomo e natura e soprattutto i modi dell'uomo di trasformarla e rapportarsi ad essa.
Questo però non significa abbandonare la via dell'innovazione e della tecnologia, o tornare a forme e tecniche proprie del passato che non appartengono a quest'epoca, ma permeare con una nuova mentalità gli stessi processi di progettazione, ricerca, sperimentazione che hanno condotto l'uomo sulla via dell'evoluzione, tenendo conto delle tendenze dell'odierna architettura. Tra queste sicuramente la più importante e visibile è quella che porta alla "smaterializzazione" dell'edificio, attraverso l'uso di sistemi costruttivi sempre meno "ingombranti", o l'apertura di vuoti nella muratura sempre più ampi e spinti a volte all'estremo. Il tentativo di coniugare per esempio questo tipo di architettura con i concetti di risparmio energetico, di comfort ambientale, di

corretta illuminazione etc., conduce l'uomo in una sfida continua giocata sul terreno della sperimentazione e della ricerca incessante di nuovi equilibri e nuove soluzioni.

È in questo clima che il comparto dei componenti e delle tecnologie ad involucro è riuscito a farsi strada, acquistando una sempre maggiore importanza nel mercato ma anche tra i progettisti. Durante il periodo di sperimentazione sul risparmio energetico avvenuto circa trenta anni fa, le tecnologie per l'involucro erano principalmente messe a punto sulla base delle normative e delle leggi per il risparmio energetico, che era così l'obiettivo preciso da raggiungere. Con il progressivo spostamento, nel corso degli anni, dell'attenzione dal solo risparmio energetico al complesso sistema di interrelazioni che concorrono all'inquinamento ambientale in senso lato, anche questo tipo di tecnologie ha dovuto adeguarsi e orientarsi maggiormente verso il mercato (mantenendo sempre alte le prestazioni riguardanti il risparmio energetico, per restare comunque competitive e rispondere alle esigenze anche delle norme) e verso l'ecocompatibilità.
In realtà questa è una "deviazione" subita non soltanto dalle tecnologie d'involucro, ma da tutta la produzione edilizia e inevitabilmente anche dal progetto, che ha visto moltiplicarsi gli obiettivi da raggiungere in favore anche di un comfort interno degli abitanti prima raramente preso in considerazione. Si assiste cioè allo sviluppo di una nuova mentalità che pervade l'architettura, e che trae sicuramente spunto dalla maggiore consapevolezza da parte della società umana di essere responsabile dello squilibrio introdotto in vari livelli dell'ecosistema naturale: una mentalità secondo cui è possibile, attraverso l'architettura, gli edifici e i suoi subsistemi, riqualificare l'ambiente sia naturale che costruito.
Il cambiamento principale in questa "nuova" visione di sviluppo sostenibile è costituito dall'importanza strategica data alla gestione e all'organizzazione, che scaturisce dalla consapevolezza della complessità del problema. In questo modo infatti si dà la giusta rilevanza tanto ad aspetti tecnici e più pragmatici, quanto agli inscindibili risvolti sociali, etici ma anche economici, legali e politici. Inoltre in questo modo è possibile gestire la sempre maggiore complessità della progettazione, dovuta anche alle diverse competenze che rientrano nel processo.
L'importanza della sostenibilità di un'architettura infine non tiene conto solo delle conseguenze dell'edificio ultimato e del suo funzionamento. È importante che in tutte le fasi della costruzione, a partire dalla progettazione (fase ideativa ma anche delle scelte, tecnologiche e dei materiali), passando per la fase delicata, del cantiere fino alla realizzazione, l'obiettivo della salvaguardia dell'ambiente e del minor spreco di risorse possibile sia chiaro e raggiungibile.
A questo proposito non va infatti dimenticato il problema della esauribilità delle risorse, che comporta un danno, spesso irreversibile, all'ambiente: l'attività umana e la produzione industriale, infatti, hanno continuato a consumare risorse esauribili senza mai considerarne il reinserimento nel ciclo di vita naturale, e così facendo, lo modificano. Alla luce delle conoscenze oggi acquisite, diventa importante in un settore così "prolifico" come quello dell'edilizia attivarsi per ridurre al minimo lo spreco e lo scarto di materiale, sia durante la sua lavorazione, come durante la sua messa in opera ed uso. La manutenzione programmata può in questo senso può essere considerata una forma di risparmio di risorse in quanto, prevenendo i guasti che portano alla sostituzione dell'oggetto, duplica o triplica il ciclo di vita del materiale, riducendo in maniera proporzionale l'uso di nuove risorse.
Un notevole contributo all'uso più razionale delle risorse è dato dalla possibilità di riciclo dei materiali che rende possibile la produzione senza intervenire attraverso l'estrazione, con un notevole risparmio economico. In Italia tale modalità di recupero è ancora poco utilizzato perché risulta essere costoso rispetto alla facilità di smaltimento dei materiali in discarica, o peggio, abusivamente.

Il processo di sensibilizzazione verso questi temi nel settore edilizio non deve coinvolgere quindi soltanto progettisti e utenti, ma anche il mercato in generale e con esso i produttori, e partire da forti segnali normativi e legislativi che gettino le basi e fungano da traino per nuove iniziative.

### *1.3.2. – L'approccio europeo al costruire sostenibile*

In Europa, e in tutto il mondo, cresce ogni giorno di più la consapevolezza dello stretto legame tra sviluppo e disequilibrio dell'ecosistema. Questo ha comportato la messa a punto da parte degli Stati membri dell'Unione Europea di politiche sempre più espressamente volte alla sostenibilità, tema centrale della programmazione del futuro, da attuarsi mediante strategie ed azioni che, per quanto riguarda l'architettura, vanno dalla pianificazione urbanistica fino ai progetti edilizi o l'uso di nuove tecnologie e materiali innovativi. L'obiettivo è quello di ottenere risultati sia qualitativi che quantitativi, come per esempio la riduzione dei consumi energetici, e indirettamente anche dell'inquinamento che ne deriva, seguendo i dettami del protocollo di Kyoto e a volte addirittura superandoli; ma allargando anche il concetto di sostenibilità all'idea di "vivibilità", di comfort, di recupero dell'esistente, dal momento che esso "non è un concetto astratto che viene soddisfatto agendo solo sulla struttura dei consumi energetici" (AA.VV. 2002, p.10).
È su questo tipo di considerazioni che molte direttive e programmi europei sono stati avviati in questi anni, alla ricerca di una possibile linea di sviluppo che comprendesse aspetti sociali, economici, politici, rispettando la imprescindibile unità d'intenti e contemporaneamente l'inevitabile diversità tra Stati membri.
Certamente il consumo della risorsa "energia" rimane un aspetto preponderante, forse anche perché misurabile, arginabile mediante opportune restrizioni normative. Inoltre, come scritto tra i "considerando" della direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico in edilizia, "la gestione del fabbisogno energetico è un importante strumento che consente alla Comunità di influenzare il mercato mondiale dell'energia e quindi la sicurezza degli approvvigionamenti nel medio e lungo termine" (punto 4) e dunque rende indispensabile l'attuazione di specifici interventi nell'edilizia. Il settore terziario e residenziale è infatti responsabile di oltre il 40% del consumo finale di energia della Comunità, ed essendo in costante espansione, è prevedibile un sostanziale aumento dei consumi energetici e dell'inquinamento che ne deriva. Da qui la necessità di migliorare l'efficienza energetica degli edifici al fine di rispettare gli impegni presi con la ratifica del protocollo di Kyoto del 1997, ossia la riduzione entro il 2012 dei gas serra dell'8% rispetto ai valori del 1990. É opinione comune però che questo obiettivo rimarrà irraggiungibile con l'attuale andamento europeo, grazie al quale è previsto, per il 2010, addirittura un aumento delle emissioni pari all'1%. Le misure messe a punto dall'Unione Europea per contrastare questo andamento negativo e contrario sostanzialmente agli impegni sottoscritti, spaziano ovviamente in tutti i settori, sotto forma di direttive e programmi che promuovono un uso più razionale dell'energia (4):

| ATTIVITA' | MISURE PROPOSTE |
|---|---|
| **Offerta energia** | Direttiva e iniziative di cogenerazione (CHP)<br>Fuel switchinge incremento efficienza generazione elettrica<br>Fonti Rinnovabili (direttive RES-E e biocombustibili, produzione di calore)<br>Riduzione emissioni metano<br>Cattura e riduzione CO2 |

| | |
|---|---|
| | Altri gas serra |
| **Consumi energetici** | Direttiva sulle prestazioni energetiche degli edifici<br>Emendamenti direttiva 93/76/EEC (Risparmi)<br>Direttiva sull'uso razionale dell'energia negli impianti pubblici<br>Direttiva sui servizi energetici<br>Direttiva CHP/RES<br>Audit, accordi volontari<br>Diffusioni tecnologiche<br>Campagne di take-off, European Sustainable Energy Agency |
| **Uso razionale energia** | ***Uso finale***<br>Direttiva quadro per standard minimi di efficienza<br>UE Raccomandazioni o Linee Guida di supporto alle azioni degli Stati membri<br>Revisione direttiva Energy Labelling<br>Programma Motor Challenge<br>Accordo con costruttori di lampade<br>Programma Energy Star e Codice di Gestione Servizi TV Digitale |
| | Adozione direttiva di programma EEE<br>***Processi industriali***<br>Accordi di lungo termine con industrie ad alta intensità energetica<br>E2MAS (Verifica energetica e schema di gestione)<br>Adeguamento direttive IPPC<br>Servizi energetici per SMEs |

Tab. 2 – Strategie per la sostenibilità e per il rispetto degli impegni sottoscritti con il Protocollo di Kyoto nel 1997 da parte dell’Unione Europea.

Appare chiaro dunque come l’energia sia considerata un fattore essenziale nello sviluppo economico e sociale, della produttività e dell’occupazione, ma che comporta anche notevoli conseguenze ambientali, e quindi necessita di una maggiore responsabilizzazione da parte di tutti. Considerando il ruolo del settore abitativo nello sfruttamento intensivo della risorsa energia, appare chiara la necessità di rivedere processi, sistemi costruttivi, tipologie edilizie, normative per fronteggiare l’emergenza ambientale, cosa che peraltro molti Paesi europei (soprattutto nord-europei) stanno già facendo con sperimentazioni e ricerche mirate a un uso razionale dell’energia negli edifici, alla promozione delle tecnologie energetiche che riducono le emissioni di $CO_2$, delle fonti energetiche rinnovabili etc. Da parte sua l’Unione Europea favorisce questo tipo di interventi attraverso l’attuazione di numerosi programmi e finanziamenti il cui fine è, tra gli altri, la definizione di un modello abitativo a basso consumo energetico come standard del settore abitativo europeo: tra questi citiamo il Programma CEPHEUS (1998-2002), il cui scopo era di realizzare e monitorare 250 case passive in cinque Paesi europei (Germania, Austria, Svizzera, Svezia, Francia), i finanziamenti THERMIE, all’interno dei quali ricade lo stesso Programma CEPHEUS, il programma pluriennale per la promozione dell’efficienza energetica nell’Unione (SAVE – 1998-2002).
La politica sostenibile dei singoli Stati a volte prende le mosse proprio da questo tipo di programmi e finanziamenti che diventano sperimentazioni, prototipi di un modo nuovo

di concepire l'architettura e il suo impatto ambientale, di cui verificare e monitorare l'efficacia sul lungo periodo.

L'attenzione dell'Europa è ultimamente volta anche al problema della sicurezza dell'approvvigionamento dell'energia, data l'enorme dipendenza dai combustibili fossili quali petrolio, gas, carbone. Ad essa vanno aggiunti l'oscillazione dei prezzi di tali risorse, che influenza l'economia, l'inquinamento che deriva dal loro uso, e le perturbazioni sociali che si accompagnano, come si può constatare in questi stessi mesi, alle più o meno prevedibili crisi del mercato; il problema pare quindi grave se pensiamo che l'Europa dipende per oltre il 50% dalle importazioni di combustibile, percentuale destinata a crescere fino al 70% entro il 2030: è necessaria una revisione della politica energetica dell'Unione Europea, a partire da un maggiore utilizzo delle risorse energetiche rinnovabili che rappresentano un potenziale da sfruttare. Ad oggi infatti, secondo statistiche dell'ENI, esse coprono solo il 7% della domanda globale di energia commercializzata, probabilmente anche per la non completa competitività economica. Se l'obiettivo che l'Europa si pone nei confronti di tali risorse è quello di arrivare a coprire con esse il 12% del consumo energetico globale nel 2010, il loro decollo presuppone necessariamente incentivi finanziari o fiscali.
La proposta è di preparare un piano abbinato a obiettivi quantificati per il 2010 che interesserà i settori più coinvolti nello sfruttamento energetico, quello dei trasporti e quello dell'edilizia.

### *1.3.3 – Energia e architettura bioclimatica*

Il recepimento in architettura dei problemi derivanti dallo sperpero e dal progressivo esaurimento di risorse non rinnovabili quali i combustibili, e la presa di coscienza della inevitabilità di una crescita nel fabbisogno di energia, sono stati in questi decenni uno stimolo alla ricerca e alla sperimentazione di un'edilizia "nuova", attenta ai consumi energetici per le costruzioni "ex-novo" come per la riqualificazione dell'esistente. La crisi energetica degli anni Settanta ha indotto ad una riflessione sulla necessità di correlare le caratteristiche morfo-tipo-tecnologiche di un edificio con il contesto ambientale e climatico in cui è inserito e con l'uso di risorse rinnovabili, favorendo così lo sviluppo dell'Architettura Bioclimatica.

Gli edifici costruiti secondo i principi della bioclimatica devono soddisfare determinati criteri, quali ad esempio:

- Non causare spreco di materiali ed energia
- Non creare eccessiva dipendenza da sistemi che consumano molta energia
- Non usare materiali che comportano sprechi di risorse o nocivi per l'ambiente
- Non danneggiare l'ambiente naturale o consumare eccessivamente le risorse per la costruzione, l'uso e l'eventuale distruzione dell'opera
- Non essere nocivi per gli utenti
- Gestire al meglio le risorse non rinnovabili e usare, ove possibile, fonti rinnovabili
- Migliorare il benessere degli utenti
- Consumare il minimo di energia, risorse, materiali
- Individuare le reali necessità d'uso e i requisiti per vivere confortevolmente negli ambienti confinati.

Fig. 1 – Padiglione per l’EXPO 2000 di Hannover, progettato da Thomas Herzog: il profilo e la sezione dell’edificio sono determinati da esigenze statiche ma anche dall’utilizzo della luce diurna e dallo sfruttamento della ventilazione naturale per il mantenimento di un alto livello di comfort.

Fig. 2 - La Fortbildungsakademie di Herne realizzata all'interno dell'IBA Emsher Park, la cui struttura portante è interamente realizzata con materiali rinnovabili (Architetti Jourdan & Perrudin)

Fig. 3 – New Headquarters for the Greater London Authority a Londra (Foster and Partners) L'edificio costituisce un interessante esempio di costruzione energeticamente efficiente: la forma è studiata in modo tale da minimizzare le dispersioni ed ottimizzare I guadagni termici. È stato previsto un sistema di raffrescamento passivo e un sistema di riscaldamento a volume variabile. Infine la geometria dell'edificio garantisce essa stessa una schermatura ai raggi solari.

Le relazioni energetiche di un'architettura con il proprio contesto sono poste in primo piano da questo tipo di metodologia progettuale, il cui fine è quello di raggiungere le più elevate condizioni di benessere all'interno dell'edificio. A ciò si tende attraverso un'attività progettualmente consapevole delle risorse disponibili, cercando di massimizzare i benefici derivanti dall'uso di energie rinnovabili, come quella solare o del vento, minimizzando gli apporti di fonti energetiche esauribili necessarie per il riscaldamento, il condizionamento estivo e l'illuminazione diurna: alla ricerca di un comfort ambientale sostenuto dall'impiego di energie gratuite si somma, come effetto secondario, il ridotto inquinamento ambientale.
L'architettura bioclimatica limita il più possibile l'apporto di energia meccanica affidandosi al corretto inserimento dell'edificio nel contesto ambientale in cui dovrà sorgere per sfruttare, controllandone l'azione, il microclima locale, i venti prevalenti, la radiazione solare, la vegetazione ed i corsi d'acqua eventualmente presenti. Essa è dunque alla base del risparmio energetico nell'edilizia di nuova realizzazione e nel recupero: basti pensare che in Italia nel settore residenziale, circa il 25% degli alloggi esistenti ha consumi energetici per il riscaldamento più elevati rispetto alla norma, di cui oltre la metà con possibilità di interventi di recupero per una sostanziale riduzione dei consumi energetici (5).
Un'architettura interagente con le dinamiche del clima locale e coerente alla propria collocazione geografica, attenta alle problematiche del risparmio energetico e della qualità della vita è oggi sempre più diffusa, soprattutto grazie alla politica europea che ha guidato gli Stati membri verso una progettualità sempre più sostenibile, verso l'emanazione di apposite leggi e normative che incentivano l'uso di tecnologie e materiali energeticamente efficienti, "puliti", "alternativi", verso la predisposizione di programmi di ricerca e sperimentazione per un'edilizia più dialogante con l'ambiente.
Nonostante questo la diffusione su larga scala di questi principi non è ancora completa, anche se, rispetto alle prime sperimentazioni come risposta alla crisi petrolifera ed energetica, essi non sono più ad appannaggio dei soli "addetti ai lavori". Le esperienze acquisite sono ancora troppo limitate soprattutto nel settore residenziale per poter far parte della quotidianità del costruire.

I principi bioclimatici che dovrebbero entrare nell'uso comune sono tutt'altro che estranei alla nostra cultura architettonica: in passato essi sono stati utilizzati con successo in molti esempi di architettura diffusa. Le caratteristiche costruttive, la scelta dei materiali (dettata principalmente da una grande e consolidata esperienza) erano tali da rendere il comfort ambientale soddisfacente anche senza le tecnologie di cui oggi disponiamo.

Fig. 4 – Esempi di torri del vento. In Iran e in Pakistan, l'architettura tradizionale le impiega dal X secolo: si tratta di torri o camini che contengono diversi condotti verticali. Sfruttando la pressione prodotta dalle correnti d'aria presenti ad una certa quota, questa struttura favorisce la ventilazione e il raffrescamento all'interno dell'edificio anche nei momenti più caldi della giornata.

Il basso costo dell'energia e la relativa facilità nel trasporto della stessa resero possibile, successivamente all'avvento della rivoluzione industriale, la diffusione di impianti per la climatizzazione artificiale degli ambienti innescando un processo di "oblio" del patrimonio di conoscenze accumulate nei secoli trascorsi.
Oggi sentiamo la necessità di riscoprire questi valori del "buon costruire" per troppo tempo sacrificati a una cultura dissipativa, grazie ai quali poter risparmiare preziose risorse non rinnovabili, recuperando scarti, residui, utilizzando energia pulita, dialogando con l'ambiente, riducendo l'inquinamento che ci soffoca e contenendo molte spese, senza dover rinunciare agli agi e al comfort cui siamo abituati.
Per utilizzare efficacemente questo tipo di progettazione occorre, come suggerisce la stessa parola "bioclimatica", tener conto delle differenti condizioni climatiche in cui si progetta. Nei Paesi Mediterranei come il nostro le variazioni climatiche sono piuttosto lievi, anche se è possibile riscontrare problemi opposti anche in rapida successione: freddo in inverno, caldo in estate e stagioni intermedie, nelle quali si avvicendano periodi di freddo e di caldo: è necessario introdurre sistemi flessibili che possano cambiare facilmente l'azione di controllo ambientale a seconda delle condizioni climatiche (sistemi mobili di ombreggiamento, aperture per il controllo della ventilazione, ecc).
Questo è molto importante, perché la progettazione non corretta o flessibile di tali sistemi può portare a un eccessivo guadagno termico, con il rischio di surriscaldamento ambientale nel periodo estivo, nelle mezze stagioni e, occasionalmente, anche in inverno. Risulta quindi necessario valutare con grande attenzione il comportamento dell'edificio per controllare i rischi di discomfort estivo. Il risparmio energetico invernale può infatti venire rapidamente annullato da una richiesta di condizionamento estivo ben più onerosa dal punto di vista energetico. Alle nostre latitudini occorre valutare anche il comportamento estivo degli edifici così come le condizioni di illuminazione naturale sia in presenza che in assenza di radiazione solare diretta.

### *1.3.3.1 – Lo sfruttamento dell'energia solare*

Lo sfruttamento di una risorsa rinnovabile e gratuita come la radiazione solare è fondamentale per l'architettura bioclimatica ai fini di ottenere, all'interno degli ambienti, un elevato grado di comfort. Con opportuni accorgimenti determinati da una progettazione consapevole è possibile infatti sfruttare i raggi del sole per riscaldare o raffrescare naturalmente gli ambienti di cui si compone un edificio, così come per illuminarli (6). Diventa così possibile, a seconda delle condizioni esterne, sfruttare tali apporti gratuiti per ridurre di una quota sensibile (e per alcuni periodi dell'anno totalmente) il fabbisogno energetico dell'edificio.

È possibile classificare gli edifici secondo il loro consumo energetico:

- Edifici ad alta dispersione termica (con conseguente alto fabbisogno energetico): edifici costruiti senza vincoli riguardo alla coibentazione delle strutture.
- Edifici a bassa dispersione termica: edifici costruiti secondo precisi criteri sia di coibentazione sia relativamente ai rendimenti minimi degli impianti termici previsti dalla Legge n. 373/1976 e dalla più recente Legge n. 10/1991.
- Edifici a basso consumo energetico: edifici dotati di sistemi solari passivi ed attivi e di un'impiantistica evoluta e consentono elevati risparmi energetici. Sono edifici ancora poco diffusi ma rappresentano l'evoluzione più auspicabile nel prossimo futuro delle nostre abitazioni.
- Edifici energeticamente autonomi: edifici con consumo energetico pari a zero, che utilizzano unicamente fonti rinnovabili e tecnologie costruttive d'avanguardia. Attualmente esistono solo come prototipi e centri sperimentali a causa dell'elevato costo dei materiali e degli impianti.

L'energia solare può contribuire molto alla sostenibilità di un edificio, a partire dal suo sfruttamento ai fini del riscaldamento (da cui deriva un minor utilizzo di combustibile fossile, risorsa esauribile e fortemente inquinante). Gli approcci in questo senso sono sostanzialmente due: il riscaldamento attivo e passivo.
Negli anni Settanta furono studiate e sperimentate principalmente tecnologie solari "attive", in grado di rendere energeticamente autosufficiente l'edificio in cui erano installate: collettori solari, pannelli captanti, fotovoltaici etc. Questi impianti e dispositivi meccanici raccolgono e trasportano il calore termico insito nei raggi solari che li colpiscono.
Coi decenni successivi è andata delineandosi una concezione solare "passiva" dell'edificio, con l'integrazione in esso di componenti captanti la radiazione solare (serre, superfici, gestione di moti convettivi dell'aria, muri di Trombe ecc.) e di componenti in grado di conservare energia (masse di accumulo di calore, maggiore isolamento termico ecc.). Grazie ai sistemi passivi, che raccolgono e trasportano il calore con mezzi meccanici, sono le stesse strutture edilizie che captano, dissipano, accumulano e distribuiscono in modo controllato l'energia termica connessa alla radiazione solare: materiali isolanti trasparenti permettono ai raggi del sole di riscaldare le pareti e l'ambiente interno e, allo stesso tempo, trattengono il calore che verrà immagazzinato nelle strutture e restituito durante la notte; ampie finestrature di spessore e materiale opportuno e munite di sistemi di oscuramento automatizzati, permettono di sfruttare al meglio luce e calore, senza tuttavia disperderne troppo verso l'esterno; si favorisce la penetrazione della radiazione solare in inverno limitandola in estate, sfruttando i benefici della ventilazione per eliminare l'umidità ed espellere l'aria troppo calda e utilizzando l'isolamento per ridurre gli scambi termici con l'esterno. Sempre più diffusa è la costruzione di vere e proprie serre a ridosso di una parete perimetrale che durante l'inverno captano le radiazioni solari e trasferiscono il calore all'edificio.

Queste soluzioni architettoniche sono però spesso affiancate da soluzioni impiantistiche in quanto il sole, nei periodi più sfavorevoli, non è in grado di coprire l'intero fabbisogno energetico. A questo proposito la climatizzazione e la produzione di acqua calda sanitaria realizzata con pompe di calore potrebbero essere utili accorgimenti, efficienti ed economici nella loro gestione. Questa tipologia impiantistica, qualora gli apporti gratuiti solari fossero insufficienti, permette infatti di soddisfare il fabbisogno energetico sia estivo che invernale, con consumi estremamente ridotti.
Tuttavia queste tecnologie e metodologie progettuali sono molto lontane dall'auspicabile obiettivo di completa diffusione, specialmente nel settore residenziale, quello cioè maggiormente coinvolto nel problema dello sfruttamento intensivo di risorse non rinnovabili eppure così difficile da coinvolgere in un processo di rinnovamento. A questo proposito la Comunità Europea ha cercato di dare un grande impulso, attraverso l'attuazione di Programmi e Finanziamenti tra i Paesi membri per promuovere l'utilizzo di energia solare negli edifici.

#### *1.3.3.2 – Il solare termico*

Dopo le esperienze pionieristiche degli anni Sessanta e la costruzione di alcuni impianti dimostrativi alla fine degli anni Settanta, la tecnologia per l'utilizzo termico dell'energia solare ha raggiunto una maturità ed un'affidabilità tale da farla rientrare tra i modi più razionali e puliti per scaldare acqua o aria nell'utilizzo domestico e produttivo. La radiazione solare, nonostante la sua scarsa densità (che raggiunge 1kW/m² solo nelle giornate di cielo sereno), resta infatti la fonte energetica più abbondante e pulita sulla superficie terrestre.
Negli ultimi anni il mercato italiano del solare termico ha invertito la tendenza rispetto alla crisi degli anni '80: nel 2000 sono stati installati quasi 40.000 m² di impianti solari, con una crescita media annua, negli ultimi 5 anni, di circa il 15%. Una ricerca di mercato svolta nel giugno 2001 dalla GfK-ASM di Roma per conto dell'Enea ha dimostrato come il 74% degli impianti in esercizio sia stato acquistato dopo il 1997. A fronte di questa crescita e dell'aumento di sensibilità della popolazione verso lo sfruttamento di fonti rinnovabili, il Ministero dell'Ambiente ha promosso in questi ultimi anni numerose iniziative, avviando programmi di finanziamento nel settore pubblico e in quello privato per incentivare l'installazione di impianti solari termici per la produzione di calore a bassa temperatura. Le applicazioni più comuni sono relative ad impianti per acqua calda sanitaria e al riscaldamento degli ambienti, e devono essere considerate "complementari" alle tecnologie tradizionali, in quanto capaci di fornire solo parte dell'energia necessaria, che prende così il nome di "fattore di copertura del fabbisogno termico", fattore che cresce con le dimensioni dell'impianto.

Il sistema più diffuso per la produzione di acqua calda è costituito da collettori vetrati (solitamente detti "pannelli solari"), posati sulla copertura o installati su un piano orizzontale, come un terrazzo o un giardino. Essi sono solitamente costituiti da tubi fissati su una piastra assorbente di colore scuro. La protezione dagli agenti atmosferici e dalle basse temperature è garantita da un vetro temprato, una cornice in alluminio anodizzato e una coibentazione di lana di roccia. All'interno dei tubi scorre il fluido termovettore, una miscela di acqua e antigelo (utile non solo ad evitare il congelamento, ma anche per raggiungere temperature molto alte, anche superiori ai 150°C). Questo liquido, spinto nei tubi da una pompa, trasferisce il calore dai collettori al serbatoio; quest'ultimo, chiamato anche "boiler solare" o accumulatore, viene installato nell'edificio (solitamente nel locale caldaia), ed è dotato di un sistema di riscaldamento ausiliario (termico o elettrico). Il suo posizionamento in verticale consente un'utile stratificazione termica, tale per cui l'acqua riscaldata si troverà sempre nella parte più

alta del serbatoio, ovvero dove avviene il prelievo, consentendo un significativo miglioramento del rendimento energetico globale del sistema. Il serbatoio contiene due serpentine ("scambiatori termici"): una, posta nella parte bassa del serbatoio, fa parte del circuito solare (entro essa scorre il liquido solare che attraversa i collettori), l'altra, posta nella parte alta, è invece collegata alla caldaia di integrazione. Maggiore è la capacità di accumulo e maggiore è il risparmio energetico conseguibile: considerando che il consumo di acqua calda avviene spesso quando non c'è più sole, è utile poter disporre di una riserva soddisfacente. Infine, viene installata anche una centralina elettronica, che comanda l'avvio e lo spegnimento della pompa di circolazione del liquido solare.

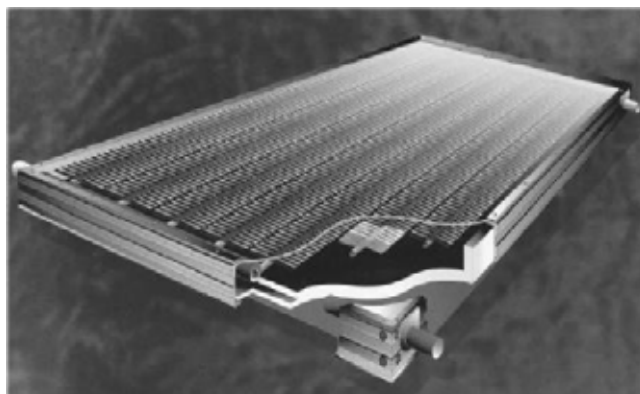



Fig. 5 – Collettore solare piano

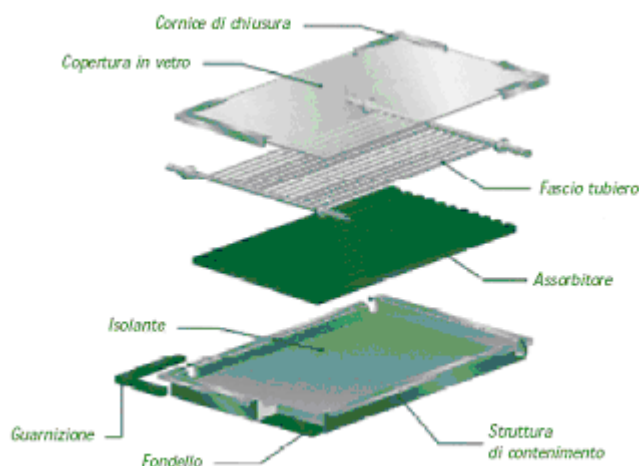



Fig. 6 - Elementi che compongono un collettore solare vetrato piano.

Questo tipo di impianto è a cosiddetta "circolazione forzata", ossia dotato di pompa di circolazione; ne esiste un altro tipo privo di tale pompa, e denominato "a circolazione naturale". Esso sfrutta il principio secondo cui il caldo tende naturalmente a salire verso l'alto: in questo caso è opportuno posizionare il serbatoio sopra i pannelli, per consentire al liquido di scambiare il calore accumulato all'acqua del circuito sanitario dell'utenza. Questo sistema comporta i vantaggi di un minor costo e di una maggior facilità d'installazione, tuttavia esistono svantaggi quali l'impatto visivo del serbatoio, che molto spesso viene installato esternamente e in orizzontale (con conseguente impossibilità di stratificazione termica), una minor capacità d'accumulo, cui corrisponde una minor efficienza energetica. Esso viene dunque utilizzato esclusivamente per la produzione di acqua calda sanitaria, e non per integrare il riscaldamento degli ambienti.

In questo caso infatti occorre ricordare che l'energia necessaria è massima proprio nel periodo dell'anno in cui la radiazione solare è minima: occorre quindi dimensionare correttamente la superficie dei collettori e la loro capacità d'accumulo. Inoltre è opportuno valutare attentamente i costi dell'intervento, conveniente solo se si riesce ad ottenere una copertura, rispetto al fabbisogno termico globale, almeno del 30-40%.

#### *1.3.3.3 – Il fotovoltaico in Europa*

Le applicazioni di energia rinnovabile in Europa in questi ultimi anni hanno registrato significativi avanzamenti, in particolare nel settore della tecnologia fotovoltaica, sistema attivo che consente di trasformare direttamente la luce solare in energia elettrica, sfruttando le proprietà di alcuni materiali semiconduttori (fra cui il silicio, elemento molto diffuso in natura) che, opportunamente trattati, sono in grado di generare elettricità se colpiti dalla radiazione solare, senza l'uso di alcun combustibile. Il dispositivo più elementare capace di operare una tale conversione è la cella fotovoltaica (circa 10 $cm^2$) che è in grado di erogare 1/1,5W di potenza quando è investita da una radiazione di 1000 $W/m^2$ (condizioni standard di irraggiamento). Più celle assemblate e collegate in serie tra loro in un'unica struttura formano il modulo fotovoltaico. Un modulo tipo, formato da 36 celle, ha una superficie di circa mezzo metro quadrato ed eroga, in condizioni ottimali, circa 40-50W al giorno, in funzione dell'efficienza di conversione e dell'intensità della radiazione solare. L'insieme di più moduli, collegati elettricamente tra loro, costituisce il campo fotovoltaico che, insieme ad altri componenti meccanici, elettrici ed elettronici, consente di realizzare i sistemi fotovoltaici. Questi possono essere classificati come:

- Sistemi isolati o stand-alone
- Sistemi collegati alla rete o grid-connected

Nei primi l'energia è quella prodotta dal fotovoltaico, ed accanto al generatore occorre in questo caso prevedere un sistema di accumulo (in genere costituito da batterie simili a quelle utilizzate per le auto e dal relativo apparecchio di controllo e regolazione della carica) in quanto il generatore fotovoltaico può fornire energia solo nelle ore diurne, mentre spesso la richiesta maggiore si ha durante le ore serali (illuminazione o apparecchi radio-TV). Nel caso invece dei sistemi collegati alla rete, in essi non è previsto il sistema di accumulo in quanto l'energia prodotta durante le ore di insolazione viene immessa nella rete; nelle ore notturne il carico locale viene alimentato dalla rete. Un sistema di questo tipo è, dal punto di vista della continuità del servizio, più affidabile di un sistema isolato.

I vantaggi derivanti dall'applicazione nel settore civile di questi impianti deriva principalmente dal fatto che essi non producono emissioni chimiche, termiche o acustiche, non hanno parti in movimento e sono, quindi, affidabili e a bassa manutenzione. Tuttavia, i costi di acquisto ed installazione di un sistema fotovoltaico sono molto elevati: per impianti di piccole dimensioni (con potenza di picco tra i 5 kW ed i 100 kW), il costo è intorno a 8000 Euro per kW di picco installato.

Nonostante questo impedimento, la tecnologia fotovoltaica appare, almeno nel lungo periodo, tra le più promettenti tecnologie "rinnovabili" in grado di produrre energia elettrica su grande scala, soprattutto in Paesi dove, come l'Italia, si hanno elevati livelli di insolazione. Negli ultimi anni in Europa e nel mondo si è registrato un enorme sviluppo di questa tecnologia, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo, grazie soprattutto a realizzazioni molto avanzate sia a livello tecnologico che architettonico. In nazioni come Giappone e Germania, leader nell'applicazione di fotovoltaico, oltre ai "tetti solari" sono sempre più frequenti impianti fotovoltaici integrati negli edifici, che permettono di ottenere quantità anche ragguardevoli di energia elettrica, con conseguenti risparmi economici, e indirettamente mostrando la "sensibilità ambientale" del

proprietario. Tale perfetta integrazione architettonica risulta possibile solo attraverso moduli aventi forma, misura, colore, caratteristiche strutturali diverse a seconda della situazione in cui s'interviene. Le aziende in grado di fornire un prodotto così avanzato ed elaborato sono poche e spesso con un significativo know-how nel campo della lavorazione del vetro, in quanto gli elementi che stanno alla base del modulo fotovoltaico sono appunto le celle e il vetro.
Le applicazioni possibile di moduli fotovoltaici architettonicamente integrati negli edifici sono principalmente quattro:

1. tetti fotovoltaici strutturali: utilizzando moduli solari semitrasparenti si possono ottenere interessanti giochi di luce, riuscendo comunque a contenere eventuali eccessi di luminosità, che risulterebbero fonte di abbagli;

Fig. 7 – Copertura della hall d'ingresso del nuovo Centro di Ricerca ISE Fraunhofer – Friburgo

2. facciate fotovoltaiche: anche in questo caso si ottiene un importante controllo della luce solare. Quest'applicazione è particolarmente richiesta dalle società che dispongono di palazzi di uffici con facciate rivolte a Sud, che già devono predisporre dei vetri oscurati per ridurre il passaggio della luce;

Fig. 8 – Esempio di facciata fotovoltaica in un edificio per uffici. La facciata è utile allo scopo in quanto rivolta verso sud, e necessita di schermature fisse, in questo caso le celle fotovoltaiche.

Fig. 9 - Edificio amministrativo ad Aachen (Germania): vista dall'interno di elementi fotovoltaici semitrasparenti integrati nel disegno della facciata

3.frangisole: presentano le medesime caratteristiche delle applicazioni precedenti, con la differenza che, disponendosi su pareti esistenti, l'installazione è più semplice e quindi più economica. Inoltre non è necessario che tali impianti debbano essere di grandi dimensioni.

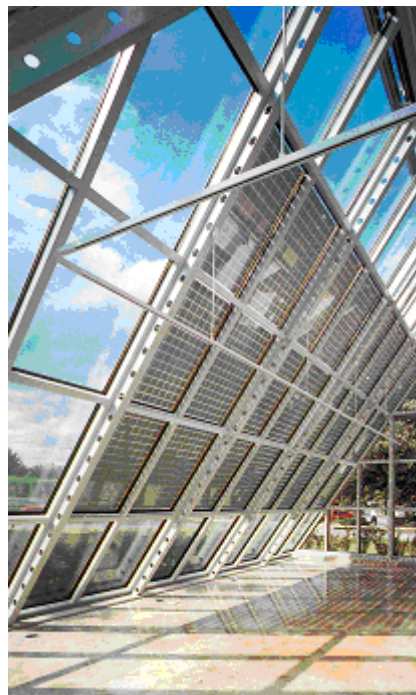



Fig. 10 - Foyer di un edificio amministrativo di Hannover: la vetrata è isolata e le celle fotovoltaiche sono inserite nelle vetrocamere, a proteggere dal sole.

Fig. 11 – Vista interna del passaggio coperto dell'edificio Solar Fabrik a Friburgo

Fig. 12 – Particolare delle celle fotovoltaiche utilizzate come frangisole nella facciata del nuovo centro di ricerca ISE Franuhofer a Friburgo.

4. <u>installazioni su tetti piani</u>: sono facili da applicare (molti sono infatti gli edifici esistenti che potrebbero accogliere questo tipo di impianti), con l'unico "svantaggio" di essere spesso poco visibili.

Fig. 13 – Esempio di impianto fotovoltaico installato sulla copertura piana di un complesso residenziale.

Alle nostre latitudini, il massimo irraggiamento solare è ottenibile orientando l'impianto fotovoltaico verso Sud e inclinandolo, rispetto all'orizzontale, di circa 30°. Nel caso di edifici di nuova costruzione, in cui l'impianto sia stato inserito già in fase di progetto, questa condizione ottimale è facilmente raggiungibile; il problema sussiste nell'integrazione in edifici già esistenti, che spesso non presentano superfici disponibili ad accogliere i moduli fotovoltaici correttamente orientate: rivolgendo ad esempio

l'impianto verso Est o Ovest si perde circa il 10 % dell'energia massima ottenibile rispetto all'orientamento a Sud.
Infine nel caso in cui la superficie su cui si applica l'impianto fotovoltaico è verticale, se l'orientamento è verso Sud si perde circa 1/3 dell'irraggiamento solare annuale disponibile (rispetto alla massima captazione di energia), mentre se l'orientamento è verso Est o Ovest solo il 55% dell'energia disponibile è effettivamente sfruttabile.
Rendere un edificio energeticamente attivo (se non autosufficiente) grazie all'applicazione di tecnologia fotovoltaica rappresenta un notevole vantaggio, in termini economici ed ambientali, poiché si evita l'immissione nell'atmosfera di una grossa quantità di anidride carbonica (si calcola che il risparmio sia dell'ordine dei 0,3-0,4 kg di $CO_2$ per ogni kWh prodotto da fonte fotovoltaica). Non bisogna infine trascurare il carattere "promozionale" di questo tipo di applicazioni, dato il grande impatto emotivo che riesce ad avere sul pubblico: questo, insieme a specifici programmi d'incentivazione nazionali ed europei potrebbe favorire la diffusione su larga scala degli impianti fotovoltaici negli edifici.

### 1.4 – Conclusioni

La difficoltà nell'enunciare le cause che sottendono la lenta innovazione dell'architettura verso la sostenibilità è dovuta alle strette relazioni che intercorrono tra il campo economico, sociale, didattico, tecnologico. Cercando di estrapolare alcuni di questi ostacoli, si può concludere con queste osservazioni: esiste ancora una "resistenza" da parte dei committenti a richiedere spontaneamente la rispondenza dell'edificio da progettare a determinati standard di sostenibilità (risparmio energetico, corretta ventilazione e/o illuminazione, riciclabilità dei materiali, minor dispendio di energie e risorse anche in fase di realizzazione etc.): questo può essere dovuto a cause economiche, ossia la notevole spesa iniziale (anche se presto ammortizzata dal risparmio che questo tipo di edifici fa ottenere), che costituisce un grosso deterrente specie nei committenti meno informati sulle potenzialità dei sistemi tecnologici ed impiantistici da installare, ma anche da cause diverse, quali la scarsa conoscenza di queste tematiche da parte dei professionisti, lacuna evidenziata in molti casi fin dalla formazione accademica – da cui il tentativo, attraverso bandi di concorso e master post-laurea, di sensibilizzare e stimolare i giovani progettisti.
I risultati, apparentemente sorprendenti, che si ottengono negli insediamenti sperimentali in realtà sono accessibili ad ogni progettista, ed essere raggiunti mediante semplici accorgimenti (diversi a seconda del luogo, del clima, del contesto) da adottare ancora in fase di progettazione: ad esempio l'uso di spessori di isolante molto elevati riduce le dispersioni termiche, uno dei principali problemi dei climi freddi; un aggetto in copertura può costituire una efficace schermatura contro la radiazione solare in eccesso, evitando il surriscaldamento tipico dei climi temperati e caldi.
Perché questo avvenga è necessario un radicale cambio di prospettiva da parte di progettisti, imprenditori e committenti, affinché si sforzino di applicare ed accettare non tanto le tecnologie sostenibili a disposizione, quanto un nuovo metodo progettuale finalmente rispettoso di tutti i vincoli imposti dal luogo, dal clima e dalle esigenze dei fruitori. È altresì importante che a questo obiettivo concorrano non solo i singoli soggetti e le istituzioni preposte alla formazione degli stessi, ma anche le normative e le leggi: attualmente, come sarà meglio specificato in seguito, esiste ancora una forte disomogeneità tra Paesi europei soprattutto per quanto riguarda il risparmio energetico, non riconducibile alle sole differenze nazionali e climatiche. A fianco di una revisione del modo di progettare è auspicabile quindi una riorganizzazione della normativa vigente omogenea in tutta l'Unione Europea che favorisca, anche coercitivamente, la sostenibilità dell'architettura.

## Note

(1) Un'indagine più specifica sul tema "didattica e sostenibilità" è stata svolta all'interno di una Tesi di Dottorato (Dottorato di Tecnologia dell'Architettura e dell'Ambiente) del Politecnico di Torino, dall'arch. Valentino Manni.

(2) La costruzione di edifici ad alta efficienza energetica, anche solo a scopi sperimentali, è servita da stimolo per lo sviluppo di nuovi prodotti e di nuove tecnologie, per la razionalizzazione dei processi di produzione e ha quindi portato anche ad una riduzione dei costi.

(3) In queste residenze il fabbisogno energetico è stato ridotto a 15 $kWh/m^2$/anno, un risultato sorprendente se si tiene conto del fabbisogno di un edificio tradizionale, che si aggira attorno ai 100-150 $kWh/m^2$/anno nei casi più recenti, oltrepassando i 200 $kWh/m^2$/anno nei vecchi immobili.

(4) Tratto da: Ghisu Giuliano, Ciamarra Mauro (a cura di), (2002) *Incontrare Johannesburg 2002. Rapporto ENEA sullo stato di attuazione del Patto per l'Energia e l'Ambiente 2001*, ENEA, Roma, p.189.

(5) I consumi energetici nel settore delle costruzioni in Italia sono tra i più alti dell'intero continente. La media italiana si attesta su 120 kwh/a/mq, mentre in Paesi europei come Austria, Germania, Danimarca e Olanda si attestano su valori tra i 30 e i 45 kwh/a/mq. La nuova tendenza dell'Europa Unita è di cercare di portare i consumi energetici a valori intorno tra i 15 e i 25 kwh/a/mq. Il programma IEA Task 28 "Solar Sustainable Housing", che coinvolge ben 14 nazioni (Austria, Australia, Belgio, Brasile, Canada, Danimarca, Finlandia, Italia, Olanda, Inghilterra, Stati Uniti, Svizzera, Norvegia, Svezia), sta sperimentando varie strategie d'intervento con l'obiettivo di raggiungere risparmi energetici inferiori a 15 kwh/a/mq.

(6) Da uno studio condotto dall'Unione Europea sul contributo dell'energia solare al risparmio energetico, risulta che il sole fornisce il 13% dell'energia primaria utilizzata nelle abitazioni e negli altri edifici e si prevede che questa quota possa crescere di oltre la metà entro l'anno 2010.

## BIBLIOGRAFIA

### Monografie

AA.VV.,
(1980) *La progettazione dell'architettura bioclimatica: atti del seminario sui sistemi passivi: Bari 1979*, Franco Muzzio, Padova.

Angeletti Laura,
(1998) *Innovazione tecnologica e architettura*, Gangemi Editore, Roma.

Amirante Isabella, *et alii*,
(1994) *Tecnologie bioclimatiche in Europa*, Alinea, Firenze.

Benedetti Cristina,
(1994) *Manuale di architettura bioclimatica*, Maggioli, Rimini.

Campioli Andrea,
(1993) *Il contesto del progetto. Il costruire contemporaneo tra sperimentalismo high-tech e diffusione delle tecnologie industriali*, Franco Angeli, Milano.

Francese Dora,
(1996) *Architettura bioclimatica. Risparmio energetico e qualità della vita nelle costruzioni*, UTET, Torino.

Jonas Hans,
(1993) *Das Prinzip Verantwortung*, (tr. It. di Paola Rinaudo, a cura di Pier Paolo Portinaio, *Il principio responsabilità : un'etica per la civiltà tecnologica*, G. Einaudi, Torino).

Jones David Lloyd,
(1998) *Architecture and the environment*. Bioclimatic Building Design, Laurence King Publishing Ltd, London (tr. It.di Luca Trentini, *Atlante di bioarchitettura*, UTET, Torino, 2002)

Lanza Alessandro,
(1997) *Lo sviluppo sostenibile*, Il mulino, Bologna.

Monti Carlo (a cura di) et al.
(2000) *Costruire sostenibile*, Alinea, Firenze.

Monti Carlo (a cura di) et al.
(2001) *Costruire sostenibile: il Mediterraneo*, Alinea, Firenze.

Monti Carlo (a cura di) et al.
(2002) *Costruire sostenibile: l'Europa*, Alinea, Firenze.

Olgyay Victor,
(1963) *Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism*, Princeton University Press, Princeton (tr. it. di Girolamo Mancuso, *Progettare con il clima: un approccio bioclimatico al regionalismo architettonico*, Franco Muzzio, Padova, 1990).

Tizzi Enzo, Marchettini Nadia,
(1999) *Che cos'è lo sviluppo sostenibile?: le basi scientifiche della sostenibilità e i guasti del pensiero unico*, Donzelli, Roma.

**Riviste**

Aste N., Groppi,
(1999) "Fotovoltaico al via", *Nuova Finestra. Serramenti e componenti per l'edilizia,* n. 9, settembre, p. 258.

Berlen L.,
(1999) "Le rinnovabili in Italia: situazione attuale e prospettive", *Condizionamento dell'aria,* n.3, marzo, p.277-281

Braicovich Ennio,
(2002) "Solare: infin si parte", *Nuova Finestra. Serramenti e componenti per l'edilizia*, n. 7-8, luglio–agosto, pp. 156-160.

Fantone Claudio Renato,
(2002) "Serre solari nell'edilizia pubblica", *Frames*, n. 98, pp. 26-31.

Korn M, Korn G.,
(2000) "Solare fotovoltaico", L'installatore italiano, n. 3, marzo, p. 210 – 219.

Negri Roberto,
(2003) "L'energia in rete", *Specializzata edilizia. Mensile delle tecniche di applicazione e costruzione*, n. 123, aprile, pp.266-269.

Negri Roberto,
(2003) "L'energia che cade dal cielo", *Specializzata edilizia. Mensile delle tecniche di applicazione e costruzione*, n. 123, aprile, pp.254-258.

Roccheggiani G., Lombardi M.,
(2000) "Il fotovoltaico", *Modulo*, n. 260, aprile, pp. 294-300.

Vivoli F.P.,
(1999), "Fotovoltaico. Un'opportunità per utenti pubblici e privati", *L'installatore italiano*, n. 10, ottobre, p. 109-114.

Zannoni Giovanni,
(2003) "Il tetto che cattura", *Specializzata edilizia. Mensile delle tecniche di applicazione e costruzione*, n. 123, aprile, pp.260-264.

***Siti internet***

http://www.minambiente.it/Sito/settori_azione/iar/FontiRinnovabili/tecnologie/tecnici/fotovoltaico.asp

http://www.minambiente.it/Sito/settori_azione/iar/FontiRinnovabili/tecnologie/tecnici/bioclimatica.asp

http://www.minambiente.it/Sito/settori_azione/iar/FontiRinnovabili/tecnologie/tecnici/solare_termico.asp

http://enelgreenpower.enel.it/

http://www.isesitalia.it/_tec0.html

http://www.casenergia.it/Architettura_bioclimatica/Arch_bioclimatica_frame.htm

http://www.eurosolaritalia.org/

# 2

# NORMATIVA E STRUMENTI ATTUATIVI

# 2
# NORMATIVA E STRUMENTI ATTUATIVI

## *PARTE I – LA NORMATIVA*

### 2.1 - Il panorama europeo

La sostenibilità delle azioni umane in generale è un obiettivo cui si può arrivare solo definendo concretamente per ogni settore quali sono considerati interventi "sostenibili", e attraverso una politica che vada al di là del singolo Paese. Da qui l'importanza del ruolo assunto da un organismo sovranazionale come l'Unione Europea, in particolare per i problemi legati all'utilizzo dell'energia – risorsa indispensabile ad ogni Nazione - in tutti i settori, tra cui quello edile. La risposta europea è costituita dalla promulgazione di risoluzioni, direttive e decisioni che gli Stati membri devono recepire. Questa attenzione da parte del Parlamento e del Consiglio dell'Unione Europea è fondamentale dal momento che sottolinea la necessità di trattare tali problematiche da un punto di vista sovranazionale, dando vita ad una politica energetica comune a tutti gli Stati del vecchio continente. La sostenibilità dell'architettura viene dunque perseguita principalmente attraverso la promozione di azioni concrete mirate al risparmio energetico e allo sviluppo del mercato delle energie rinnovabili, cercando di dare a questo problema "indefinito" una connotazione del tutto concreta. Nel rispetto di tali leggi rimane comunque la possibilità per ogni Nazione di agire seguendo propri criteri e normative, recependo diversamente i punti espressi dalla Comunità.
Il ruolo dell'Unione Europea tuttavia non si estingue nell'emanazione di norme e leggi che regolino i comportamenti dei membri, concertando gli interventi per massimizzarne i risultati: alcune importanti direttive costituiscono dei veri e propri finanziamenti a progetti che perseguono appunto la sostenibilità nelle sue proprie forme. Alcuni dei progetti presentati nel capitolo 3 devono la loro realizzazione proprio grazie ai contributi erogati dal Parlamento Europeo (basti pensare al successo di programmi pluriennali come il SAVE, il THERMIE etc.). L'Europa sembra dunque aver individuato nella difficoltà economica legata all'impiego di nuove tecnologie e alla formazione dei nuovi professionisti l'ostacolo principale alla diffusione capillare di architetture eco-compatibili, e cerca così di dare un contributo concreto e significativo; esempio spesso seguito dalle singole Nazioni, i cui programmi di incentivo e di finanziamento al loro interno sono nati sulla scia di quelli comunitari (ad esempio in Italia con il Programma più volte reiterato dei 10000 tetti fotovoltaici). Addentrandosi nell'elenco delle risoluzioni dell'Unione ci si rende conto come non manchino certo gli appoggi legislativi per favorire lo sviluppo di una architettura consapevole e che ottimizzi tutti gli apporti gratuiti che l'ambiente può fornire. Sta dunque al progettista farne migliore uso, non limitandosi a seguire pedissequamente quanto la legge prevede, ma utilizzandola come uno stimolo ulteriore alla progettazione.
Il recepimento delle direttive e delle risoluzioni dell'Unione Europea è diversa da Stato a Stato, così come lo è la relativa messa in pratica. Dal punto di vista dello sfruttamento dell'energia rinnovabile ai fini del risparmio energetico in edilizia sicuramente i Paesi più all'avanguardia sono quelli del Nord e Centro Europa. Spinti anche dalle diverse e più sfavorevoli condizioni climatiche aderiscono maggiormente ai programmi proposti dall'Europa, con il risultato di avere una serie di progetti-pilota molto più vasta che nei Paesi del Mediterraneo (dove i problemi da affrontare sono altri, spesso opposti); questo però anche grazie ad apparati normativi interni tecnicamente più avanzati e maggiormente incentrati su questo tema.

### *2.1.1 – Le leggi dell'Unione Europea*

**Risoluzione del 15 gennaio 1985 :** la risoluzione è relativa al miglioramento dei programmi di risparmio energetico degli Stati membri, a cui viene consigliato a proseguire e potenziare le azioni volte a promuovere un uso più razionale dell'energia mediante l'elaborazione di politiche integrate di risparmio.
**Risoluzione del Consiglio del 15 marzo 1985**: risoluzione per l'uso razionale dell'energia nel settore delle costruzioni (85/C78/01).

**Direttiva del Consiglio del 21 dicembre 1988:** relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative regolamentari e amministrative degli Stati membri concernenti i prodotti da costruzione (89/106/CEE). La direttiva individua sei requisiti essenziali a cui devono essere conformi le opere di costruzione:
1. resistenza meccanica e stabilità;
2. sicurezza in caso di incendio;
3. igiene, salute e ambiente;
4. sicurezza nell'impiego;
5. protezione contro il rumore;
6. **risparmio energetico e ritenzione del calore.** Una serie di documenti illustrano i requisiti che i materiali devono possedere i materiali, gli impianti e i loro componenti.

**Decisione del Consiglio del 29 ottobre 1991:** la decisione riguarda la promozione dell'efficienza energetica nella Comunità (Programma SAVE 91/565/CEE). Gli interventi finanziati in tutto o in parte dalla Comunità sono:
a) valutazioni per stimare i dati necessari alla definizione di norme e specifiche tecniche;
b) provvedimenti di sostegno alle iniziative degli Stati membri intese ad ampliare o creare infrastrutture in materia di efficienza energetica, tra cui:
- attività di formazione e informazione in materia di efficienza energetica che raggiungano i consumatori finali di energia;
- azioni settoriali (studi pilota nel settore della pianificazione per minimi costi, gestione della domanda, studi di fattibilità di progetti di cogenerazione, definizione di obiettivi settoriali di efficienza energetica, elaborazioni di diagnosi, ecc.);

c) misure atte alla creazione di una rete di informazioni volte a favorire un migliore coordinamento fra le attività nazionali, comunitarie e internazionali, mediante l'istituzione di strumenti di scambio di notizie e per consentire la valutazione dell'impatto delle varie azioni previste in questi punti;
d) misure di esecuzione del programma per ottimizzare l'uso dell'elettricità, adottato con la decisione 89/364/CEE.

**Decisione del Consiglio del 21 maggio 1992:** concerne i requisiti di rendimento per le nuove **caldaie ad acqua calda** alimentate con combustibili liquidi e gassosi. La direttiva fissa i requisiti di rendimento ed individua le modalità per l'apposizione del marchio di conformità CE e delle marchiature supplementari di rendimento energetico.

**Direttiva 93/76/CEE del Consiglio del 13 settembre 1993:** la direttiva, emanata nell'ambito del programma SAVE, è volta a limitare le emissioni di biossido di carbonio migliorando l'efficienza energetica. Essa individua gli obiettivi più concreti destinati al risparmio di energia e mira alla riduzione delle emissioni di biossido di carbonio da parte degli Stati membri grazie ad un miglioramento dell'efficienza energetica, in particolare con l'elaborazione e l'attuazione di programmi nei seguenti settori:

- **certificazione energetica degli edifici:** promuove un'informazione obiettiva sui parametri energetici degli edifici e contribuisce a favorire una migliore trasparenza del mercato immobiliare, incoraggiando gli investimenti di risparmio energetico;
- **fatturazione delle spese di riscaldamento, climatizzazione ed acqua calda per usi igienici sulla base del consumo effettivo:** la fatturazione all'utente di tali spese contribuisce al risparmio energetico nel settore residenziale; l'impianto dovrà consentire all'utente di regolare il consumo per riscaldamento ed acqua calda a seconda delle proprie necessità;
- **isolamento termico dei nuovi edifici:** i nuovi edifici vanno dotati di un isolamento termico efficace, in considerazione delle condizioni climatiche locali e tenendo presente che gli edifici avranno un'incidenza sul consumo di energia a lungo termine;
- **controllo periodico delle caldaie:** assicurare le migliori prestazioni con una particolare attenzione all'ambiente;
- **diagnosi energetiche, in particolare presso imprese ad elevato consumo di energia:** la diagnosi energetica è in grado di portare a conoscenza dell'utente i difetti energetici di un edificio, di un impianto o di un processo e di mostrare i vantaggi di possibili soluzioni in termini economici; si tratta spesso di investimenti ad alto reddito, ai quali il proprietario non è insensibile. La direttiva invitava gli Stati membri a conformarsi nel più breve tempo possibile e comunque non oltre il 31.12.1994.

**Direttiva 2002/91/CE** del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia (pubblicata nella Gazzetta Ufficiale delle Comunità europee n. L1 del 4 gennaio 2003): In questa direttiva volta a tutti gli Stati Membri, da recepire entro il 4 gennaio 2006, vengono ripresi molti criteri già precedentemente espressi. L'obiettivo è **promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni riguardo il clima interno degli ambienti e l'efficacia sotto il profilo dei costi**, attraverso questi suggerimenti:
- tenere conto nella progettazione delle condizioni climatiche e locali, nonché dell'ambiente termico interno e dell'efficacia sotto il profilo dei costi
- Il rendimento energetico degli edifici dovrebbe essere calcolato in base ad una metodologia, che può essere differenziata a livello regionale e che consideri, oltre alla coibentazione, una serie di altri fattori come il tipo di impianto di riscaldamento e condizionamento, l'impiego di fonti di energia rinnovabili e le caratteristiche architettoniche dell'edificio
- migliorare il rendimento termico degli edifici nel periodo estivo. Concretamente, è necessario sviluppare maggiormente le tecniche di raffreddamento passivo, soprattutto quelle che contribuiscono a migliorare le condizioni climatiche interne e il microclima esterno agli edifici.
- i costi relativi al riscaldamento, al condizionamento dell'aria e all'acqua calda, andrebbero calcolati in proporzione al reale consumo, per contribuire così al risparmio energetico nel settore residenziale.
- adottare provvedimenti atti ad assicurare che sia fornita alle utenze una consulenza in merito alla sostituzione delle caldaie, ad altre modifiche dell'impianto termico o a soluzioni alternative, che possono comprendere ispezioni intese a valutare l'efficienza e il corretto dimensionamento della caldaia.

L'ultima direttiva non è ancora stata recepita dagli Stati membri, ma si configura come particolarmente significativa dal momento che non è un suggerimento ma una vera e propria legge che ogni singolo Paese dovrà adattare al proprio apparato legislativo.

Costituisce un passo importante verso una legislazione più attenta al problema energetico, sempre più rilevante in Europa e nel mondo, sotto tutti i punti di vista.

### *2.1.2 – I programmi di finanziamento*

L'Unione Europa (e prima la Comunità Europea) si è sempre distinta per l'impegno profuso nell'incentivazione della ricerca e dell'uso di risorse energetiche rinnovabili, perseguendo l'obiettivo, condiviso anche dal resto del mondo, della "sostenibilità" in ogni attività umana. I progetti seguiti o finanziati dall'Unione Europea sono vari e di diversa natura. Soffermando l'attenzione sui Programmi più significativi dedicati al settore dell'edilizia in generale e della residenza in particolare, ci si rende conto che quella delle sovvenzioni europee è attualmente l'unica via percorribile per la divulgazione su larga scala delle tecnologie più avanzate e più efficienti, dato l'alto costo d'investimento che le rende attualmente poco competitive rispetto a quelle tradizionalmente utilizzate. Conscia comunque dell'importanza di realizzare architetture "sostenibili" (con un'attenzione in particolare al risparmio energetico e all'utilizzo nelle funzioni "vitali" dell'edificio di fonti energetiche rinnovabili, meno impattanti sull'ambiente e non esauribili), l'Unione Europea si fa promotrice di finanziamenti che coinvolgano e sensibilizzino il maggior numero di soggetti, sia pubblici che privati, al fine di realizzare concretamente architetture e città rispettose sia dell'utente che dell'equilibrio ambientale, che costituiscono la migliore dimostrazione e "pubblicità" di tecnologie sostenibili e non invasive. Tra tutti quelli avviati negli ultimi decenni si fa riferimento ai programmi più significativi e recenti, collegandoli ad alcune realizzazioni concrete in Italia e nel resto d'Europa (§ Cap. 3 – I casi studio).

#### *2.1.2.1 – I Programmi Quadro dell'Unione Europea*

L'Unione Europea svolge da quindici anni una politica di ricerca e di sviluppo tecnologico basata su programmi pluriennali. Questi vengono chiamati programmi quadro di ricerca, sviluppo tecnologico e dimostrazione, e hanno lo scopo di mantenersi sempre all'avanguardia per quanto riguarda le conoscenze nei settori scientifici e tecnologici. Attraverso questi programmi quadriennali l'Europa è in grado di riunire gli scienziati dei settori industriali, delle università e dei centri di ricerca europei, indirizzando le ricerche verso temi importanti e complessi, per i quali la collaborazione in un contesto europeo, si rivela più proficua della sola attività a livello nazionale. Il primo programma quadro in materia di ricerca e di sviluppo tecnologico è nato nel 1983 e ha accordato un sostegno comunitario ad una gamma molto diversificata di progetti di ricerca, proseguendo fino ad oggi. Si riportano le informazioni più significative gli ultimi due programmi, il V° e il VI°, maggiormente coinvolti rispetto ai precedenti per quanto riguarda l'approccio alla sostenibilità.

##### *Il V° Programma Quadro*

Elaborato tra il 1997 e il 1998, articolato in azioni e programmi specifici, il V° Programma quadro ha avuto corso nel periodo 1999-2002. Esso aveva come obiettivo essenziale quello di rafforzare e mobilitare il potenziale scientifico e tecnologico dell'Unione Europea a favore dell'industria, dell'economia e della qualità di vita. Diversamente dai programmi precedenti, questo non è strutturato in funzione di ambiti di ricerca, ma concentrato su obiettivi socio-economici: migliorare la competitività delle imprese europee e il benessere degli abitanti, concentrando le risorse su temi prioritari e

sottolineando l'importanza del trasferimento di tecnologia e dello sfruttamento globale dei risultati ottenuti.
In dettaglio il Programma si compone di due sottoprogrammi che riguardano rispettivamente le attività di ricerca in campo nucleare e non nucleare. Il primo dipende dalla Comunità europea dell'energia atomica (CEEA o EURATOM), mentre il secondo dipende dalla Comunità Europea (CE). Il programma CE, con una dotazione di 13,981 miliardi di euro, è suddiviso in quattro programmi tematici (1). Il programma EURATOM, il cui stanziamento di bilancio ammonta a 979 milioni di euro, riguarda il settore dell'energia nucleare, in particolare la fusione e la fissione. Per concentrare gli obiettivi di ricerca, i due programmi sono complementari. L'importo complessivo dell'attuazione del programma quadro in questione ammonta a 14,960 miliardi di euro per cinque anni; dal 1° gennaio 1999 al 31 dicembre 2002.

Tra i quattro programmi tematici sopra citati, uno in particolare pone l'attenzione di esperti e ricercatori sullo sviluppo sostenibile: **"Energia, compresa l'energia nucleare, l'ambiente e lo sviluppo sostenibile".** Esso ha come obiettivo quello di promuovere la ricerca e lo sviluppo tecnologico nel settore dell'ambiente e dell'energia per migliorare la qualità della vita, favorire la crescita, la competitività e l'occupazione. Le attività di ricerca sono pluridisciplinari e multisettoriali e si orientano sia verso la ricerca sia verso gli ormai indispensabili progetti di dimostrazione, favorendo la partecipazione delle piccole e medie imprese (PMI). I progetti di ricerca e sviluppo tecnologico (RST) sono imperniati su sei azioni chiave, il cui finanziamento globale ammonta a 2,125 miliardi di euro. In particolare alcune delle azioni previste per la realizzazione di tale sottoprogramma tematico sono rivolte all'uso di risorse energetiche rinnovabili, e quindi strettamente connesse alla problematica dello spreco di risorse, spesso anche inquinanti, utilizzate anche dal settore edile (e residenziale), perseguendo l'obiettivo di ridurre al minimo l'incidenza ambientale causata dalla produzione e dall'uso di energia. Attraverso queste azioni sono stati portati avanti alcuni dei più importanti e famosi programmi di finanziamento nel settore delle costruzioni, sotto riportati.

È all'interno di questo programma quadro che sono nate alcune delle iniziative più significative per l'architettura sostenibile del nuovo millennio, a cui devono la realizzazione alcuni dei casi studio analizzati nel Capitolo 3. Il Progetto dimostrativo Cepheus (Cost Efficient Passive Houses as EUropean Standard (2)) è sicuramente tra i più avanzati progetti co-finanziati dall'Unione Europea sulla linea dei finanziamenti THERMIE (3): lo scopo era la realizzazione e il monitoraggio di 250 case passive costruite in cinque Paesi europei (Austria, Francia, Germania, Svizzera e Svezia), con diverse tipologie (case individuali, a schiera o in linea) e tecniche costruttive. I targets energetici (4) da rispettare consentivano sulla carta una riduzione dei consumi pari al 42% di quelli di nuove abitazioni "tradizionali". Molto importante per la riuscita del progetto e il raggiungimento degli obiettivi posti è stata la presentazione nell'ambito dell'Expo Internazionale di Hannover 2000, che si proponeva di illustrare al grande pubblico i progressi della tecnologia attraverso le realizzazioni architettoniche, tra cui il quartiere sperimentale di Kronsberg (§ Cap. 3 - Scheda 4).

Anche il Programma RESTART (Renewable Energy Strategies and Technology Applications for Regenerating Towns) appartiene al Programma THERMIE come il precedente. Approvato nel 1996 si è concluso nel 2002 con il termine del 5° PQ, aveva l'obiettivo di fornire ai progettisti, ai promotori pubblici e privati, alle amministrazioni pubbliche di otto città Europee, una serie di progetti urbani esemplari, in termini di integrazione energetico - ambientale a scala edilizia e urbana. Ciascuna città ha definito il proprio ambito territoriale per il progetto dimostrativo, in genere aree di rigenerazione

urbana, il cui bacino di influenza è tale da consentire un significativo impatto del progetto sui meccanismi decisionali della città stessa e, al contempo, garantisce una elevata visibilità nei confronti degli abitanti (5). Il programma comprendeva in questo modo al suo interno un tutte le funzioni – residenziali, terziarie, ricreative, istituzionali, commerciali, high-tech – in grado di rappresentare la complessità delle situazioni urbane in Europa.

Un'interessante programma avviato all'interno dei finanziamenti forniti dal 5° PQ è il Programma SHE – Sustainable Housing in Europe: esso nasce nel 2002 ed è stato ideato e coordinato da Federabitazione (Confcooperative) insieme ad altri partner italiani ed europei che comprendono organizzazioni di edilizia sociale, soprattutto cooperative (6), di diverse regioni di quattro nazioni europee (Italia, Francia, Portogallo e Danimarca) e alcuni gruppi di esperti (appartenenti a università, centri di ricerca, associazioni di esperti) con diverse competenze: progettazione sostenibile, risparmio energetico, sociologia, conservazione delle risorse naturali, procedure di valutazione del costo del ciclo di vita dei materiali, etc. Obiettivo del progetto è la dimostrazione che la realizzazione di abitazioni "sostenibili" può e deve diventare una prassi ordinaria e non più "straordinaria" (e dunque poco sviluppata sul territorio): concretamente si prevede la realizzazione di 746 alloggi in quattro Paesi dell'Unione Europea (406 in Italia, 250 in Danimarca, 60 in Francia e 100 in Portogallo), di cui solo dieci alloggi per ogni singolo progetto sono completamente finanziati da SHE. Attualmente i progetti relativi al Programma SHE non sono ancora stati iniziati, tuttavia a Milano è stato costruito nel corso del 2003 un condominio di 53 appartamenti con gli stessi requisiti richiesti agli edifici facenti parte della sperimentazione SHE. Si tratta in ogni caso di un traguardo importante che dimostra come la via della sostenibilità e del risparmio energetico in architettura possa sposarsi con le necessità degli utenti sotto molti punti di vista, tra cui anche quello economico.

***Il VI° Programma Quadro***

Attualmente è stato elaborato il VI° Programma Quadro (6° PQ - dal 1° gennaio 2003 al 31 dicembre 2006), che analogamente a quelli che l'hanno preceduto finanzia la ricerca negli Stati membri e nel Centro comune di ricerca dell'Unione Europea. Esso si pone come obiettivo l'istituzione di uno strumento finanziario che permetta di realizzare un vero e proprio Spazio europeo della ricerca (SER), il cardine attorno a cui ruota questo programma, che favorisce l'eccellenza scientifica, la competitività e l'innovazione promuovendo una cooperazione più efficace tra i diversi soggetti economici, sociali e scientifici. A sottolineare l'importanza e la portata sempre crescente dei Programmi europei, anche molti Stati extra europei hanno firmato accordi che permettono loro di partecipare ai progetti così finanziati.
Entrando nel dettaglio, il 6° PQ è costituito da cinque programmi specifici, suddivisi in CE e EURATOM (come nel 5° PQ), per un bilancio totale di 17,5 miliardi di euro, di cui 16270 milioni per la parte della Comunità europea (CE) e 1230 milioni per la parte Euratom. Anche in questo caso si cercherà di portare avanti le ricerche e le tematiche già intraprese con il precedente programma, specialmente per quanto riguarda l'aspetto, ormai preponderante, delle risorse rinnovabili e del loro necessario sviluppo in ogni settore di attività.
A questo proposito vengono presi in considerazione i progetti proposti dai vari Stati Membri o da soggetti ad essi appartenenti, e dopo aver passato la selezione effettuata da un'apposita Commissione esaminatrice, questi vengono sovvenzionati con percentuali che vanno dal 25% all'100% dell'ammontare stabilito dal proponente stesso, a seconda delle aree tematiche e dell'interesse della ricerca nei riguardi del soggetto proposto.

## 2.2 – La normativa italiana

Anche in Italia, come del resto negli altri Paesi europei e, come è già stato sottolineato, nell'apparato legislativo dell'Unione Europea, la situazione normativa riguardante la sostenibilità delle costruzioni è principalmente volta al risparmio energetico negli edifici, all'uso razionale dell'energia e alla promozione delle fonti energetiche rinnovabili.

### *2.2.1 – La legge 10/91 e le sue integrazioni*

La legge 10/91 è il provvedimento legislativo che attualmente regola in Italia il risparmio energetico in tutte le sue forme. In particolare, il titolo II detta norme per il contenimento del consumo di energia negli edifici pubblici e privati, per qualunque destinazione d'uso e si applica ai nuovi interventi ed alla ristrutturazione.
I principali contenuti nel Titolo II sono:
- obbligo di un progetto del sistema edificio-impianto attento al contenimento del consumo energetico;
- rimozione dei principali ostacoli alla delibera dei provvedimenti di risparmio energetico nel condominio (con particolare riguardo alla sostituzione dei generatori di calore ed all'installazione di sistemi di regolazione e contabilizzazione del calore);
- deposito presso gli uffici comunali della relazione tecnica di progetto, per dimostrare, con assunzione di responsabilità, il rispetto delle prescrizioni di legge;
- certificazione e collaudo delle opere;
- certificazione energetica degli edifici;
- esercizio e manutenzione degli impianti;
- controlli e verifiche, da parte degli enti preposti, del rispetto della legge;
- sanzioni per i contravventori.

Dopo l'emanazione della legge 10 del 9 gennaio 1991 sono state promulgate altre normative che la integrano. Tra esse:

Il **D.P.R. 412/93** è un regolamento che reca norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici negli edifici ai fini del contenimento dei consumi energetici, in attuazione dell'art. 4, comma 4 della legge 9 gennaio 1991 n. 10. I principali contenuti del decreto sono:
- individuazione delle zone climatiche e dei gradi giorno;
- classificazione degli edifici per categorie;
- valori massimi della temperatura ambiente negli edifici;
- requisiti, limiti di rendimento e dimensionamento degli impianti termici;
- rendimento minimo dei generatori di calore;
- prescrizioni relative alla termoregolazione e contabilizzazione del calore (fra cui l'obbligo, ricorrendo determinate condizioni, di installazione delle valvole termostatiche e di predisposizione alla contabilizzazione del calore);
- valori limite del fabbisogno energetico per la climatizzazione invernale;
- limiti di esercizio degli impianti termici;
- prescrizioni sull'esercizio e manutenzione degli impianti termici e relativi controlli.
  Per quanto riguarda i criteri di calcolo e di progettazione, il decreto rimanda ad una serie di norme UNI.

**DECRETO 13 dicembre 1993:** Riguarda l'approvazione dei modelli tipo per la compilazione della relazione tecnica di cui all'art. 28 della legge 9 gennaio 1991 n. 10,

attestante la rispondenza alle prescrizioni in materia di contenimento del consumo energetico degli edifici.
Il decreto approva e riporta i modelli da utilizzare per la compilazione della relazione tecnica da depositare presso gli uffici comunali, nei seguenti casi:
a) opere relative ad edifici di nuova costruzione o a ristrutturazione di edifici (con riferimento all'intero sistema edificio-impianto termico);
b) opere relative agli impianti termici di nuova installazione in edifici esistenti e opere relative alla ristrutturazione degli impianti termici;
c) sostituzione dei generatori di calore.

Queste sono le più recenti e fondamentali leggi italiane riguardanti il risparmio energetico in edilizia e la sostenibilità delle costruzioni. In particolare la legge 10 ha costituito un traguardo importante che ha permesso all'Italia di essere tra i Paesi più all'avanguardia dal punto di vista legislativo. Verrà presto integrata con il recepimento della recente direttiva europea del 2002.

### *2.2.2 – Le azioni concrete nel settore edile*

Analogamente all'Unione Europea anche il nostro Paese ha intrapreso la strada dei finanziamenti attraverso bandi, nazionali o regionali, per incentivare l'utilizzo di fonti energetiche alternative e rinnovabili in edilizia. Data infatti la notevole spesa economica iniziale da sostenere per integrare negli edifici, di nuova o vecchia costruzione, le tecnologie più all'avanguardia per il risparmio energetico – tralasciando la questione della progettazione bioclimatica che da sola potrebbe comunque garantire risultati più che soddisfacenti – si rende necessario un contributo statale a fondo perduto, senza il quale nessun soggetto, pubblico o privato, avrebbe interesse in esse. Questo soprattutto perché i tempi di ritorno dell'investimento sarebbero eccessivamente lunghi rispetto alla via media degli impianti, rendendoli perciò non solo non competitivi rispetto alle tecnologie tradizionali, ma addirittura anti-economici.
Dato lo sviluppo della ricerca nel campo del solare, le tecnologie con più possibilità di diventare di uso comune nelle architetture sia pubbliche che private (rispondendo in tal senso anche all'impellente bisogno di diminuire i consumi di energie non rinnovabili nel settore residenziale, che da solo copre oltre il 30% dei consumi totali in Europa) sono principalmente quelle legate al fotovoltaico e ai pannelli solari, per la produzione di energia elettrica e di calore, coprendo così la maggior parte delle necessità dell'utente e dell'edificio, i cui vantaggi vengono amplificati dall'integrazione con sistemi, quali ad esempio pompe di calore o caldaie a condensazione. Per sensibilizzare i soggetti coinvolti in processi di progettazione e costruzione di edifici, residenziali e non, il Ministero dell'Ambiente ha bandito negli ultimi anni alcuni programmi di finanziamento a fondo perduto per coloro i quali utilizzavano fonti di energia alternative. Il successo è stato tale da permettere il ripetersi delle esperienze anche negli anni successivi, coinvolgendo anche le Regioni e le Amministrazioni comunali, e compiendo in tal modo un grosso passo in avanti nella diffusione capillare delle tecnologie solari nell'edilizia. Seguendo l'esempio dei Paesi Nord Europei, più avanzati da questo punto di vista, anche in Italia si riconosce attraverso l'applicazione di questi bandi l'importanza dell'esempio concreto dei cosiddetti progetti-pilota, che con il loro semplice esistere e attraverso le tecniche e le tecnologie con cui sono realizzati dimostrano la fattibilità e la competitività delle scelte tecnologiche "sostenibili", e contribuiscono alla diffusione delle stesse in quanto esempi da cui i progettisti possono prendere spunto per realizzazioni successive. Da questo concetto nasce infatti la scelta del Ministero di dedicare il primo bando sul fotovoltaico (Programma 10000 tetti fotovoltaici, nato sulla falsariga di analoghi bandi in Europa e nel mondo – ad esempio

Germania e Giappone, Paesi leader in questo senso) proprio a soggetti pubblici, per la visibilità delle architetture che realizzano e che li ospitano, e dunque in gradi di fare da traino ad iniziative anche nel settore privato, come effettivamente poi è avvenuto.

#### *2.2.2.1 – Il Programma nazionale 10000 tetti fotovoltaici*

Il Programma nazionale 10000 tetti fotovoltaici, proposto dai Ministeri dell'Industria e dell'Ambiente, promuove la realizzazione, nell'arco di cinque anni, di 10.000 impianti fotovoltaici (FV), dei quali 9.000 di piccola taglia (con potenza compresa tra 1 e 5 kWp) e 1.000 di media taglia (con potenza da 5 a 50 kwp) per una potenza complessiva di 50 MWp.
Gli obiettivi principali erano:
- la diffusione di sistemi fotovoltaici integrati negli edifici e connessi alla rete elettrica;
- la creazione di un mercato nazionale stabile negli anni, per l'abbattimento dei costi e l'ottimizzazione tecnico-economica dei singoli componenti.

Il programma "10000 tetti fotovoltaici", che ha riscosso un successo tale da essere reiterato anche negli anni successivi, è stato bandito per la prima volta nel 2000, con il Decreto direttoriale n. 99/SIAR/2000 e il successivo decreto n. 106/SIAR/2001 del Ministero dell'Ambiente. Il programma era finalizzato alla realizzazione nel periodo 2000-2002 di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica di distribuzione e integrati o installati nelle strutture edilizie, e realizzato grazie al contributo di ENEA – Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente – che si è occupato del coordinamento e dello svolgimento delle attività tecnico-scientifiche.
Il bando, emesso in attuazione dei decreti sopra citati disciplina le procedure per la richiesta di concessione e per l'erogazione del contributo pubblico, quantificato nella misura del 75% del costo d'investimento ammesso (IVA esclusa) per la realizzazione di impianti fotovoltaici di potenza nominale compresa tra 1 kW e 20 kW, i cui generatori siano parte o siano installati su strutture edilizie destinate ad attività e usi di natura pubblica.

I soggetti destinatari del primo bando erano principalmente Comuni Capoluogo di Provincia, le Province, Università statali ed Enti pubblici di ricerca, proprietari della struttura edilizia su cui doveva essere eseguito l'intervento, che doveva essere mantenuto attivo e funzionante per almeno 12 anni dalla data di collaudo.

I costi d'investimento, opportunamente documentati e sostenuti dopo l'emanazione del bando, finanziabili attraverso il Programma erano relativi a:
- progettazione, direzione lavori, collaudo e certificazioni degli impianti;
- fornitura dei materiali e dei componenti necessari alla realizzazione degli impianti;
- installazione e posa in opera degli impianti;
- eventuali opere edili strettamente necessarie e connesse all'installazione degli impianti.

Nel caso di impianti di potenza compresa tra 1 e 5 kW il costo massimo d'investimento, riconosciuto dal Programma, è fissato in 15,5 milioni di lire (IVA esclusa) per kW installato; per gli impianti di potenza superiore, e comunque fino a 20 kW, il costo massimo è quello calcolato dalla formula:

$$\mathbf{C = 13,5 + 10/P}$$

Dove:

**C** è il costo massimo, riconosciuto dal Programma, in milioni di lire/kW;
**P** è la potenza nominale dell'impianto, in kW (compresa tra 5 e 20 kW).
Il contributo concesso è pari al 75% del costo d'investimento ammesso, IVA esclusa, o ad una quota fissa, se il costo totale dell'intervento è superiore a quello massimo riconosciuto dal Programma. Un acconto, pari al 50% dell'ammontare del contributo pubblico concesso, era erogato dal Ministero a seguito della comunicazione di avvenuto inizio dei lavori di realizzazione dell'intervento. Il saldo veniva erogato al termine dei lavori stessi, a seguito della verifica della conformità e idoneità della documentazione a corredo dell'intervento, inclusa quella di collaudo dell'impianto.
I tempi di realizzazione dell'impianto sono dettati dal bando: i lavori devono iniziare entro centoventi giorni dalla data di ricevimento della comunicazione di accoglimento della domanda di contributo ed essere completati entro duecentoquaranta giorni dalla stessa data.

La prima fase del programma di cui è stato riassunto il bando è terminata con il biennio 2001-2002, articolandosi in tre programmi specifici:

- **Programma nazionale per soggetti pubblici** (Stanziamento di 29.430.000 €). Destinato a soggetti pubblici (Comuni capoluogo di Provincia, Comuni di aree protette, Province, Università statali, Enti pubblici di ricerca) ha finanziato l'installazione di impianti fotovoltaici di potenza nominale compresa fra 1 e 20 kW in edifici o elementi di arredo urbano di competenza degli stessi soggetti. Il termine per la presentazione delle domande era il 27 giugno 2001. Sono stati ammessi al finanziamento soltanto 145 progetti dei 588 presentati per l'esaurimento della disponibilità economica. Si prevede che gli impianti, una volta realizzati, avranno una potenza complessiva di 1,8 MW. Per consentire la realizzazione dei progetti inizialmente non finanziati, il Ministero dell'Ambiente e le Regioni, in parti uguali, hanno destinato ulteriori fondi al Programma. In questo modo si ipotizza che verranno realizzati impianti per una potenza di 3,6 MW. In totale, quindi, il progetto consentirà di realizzare su edifici pubblici 453 impianti con una potenza complessiva di 5,2 MW .

- **Programma nazionale per impianti fotovoltaici ad alta valenza architettonica** (Stanziamento di 1.550.000 €). Questo Programma nasce con la pubblicazione del bando sulla G.U. n. 79 del 4/4/2001, ed è rivolto ad amministrazioni pubbliche ed enti pubblici per la realizzazione di impianti di particolare pregio architettonico, di potenza superiore a 30 kW, connessi alla rete elettrica di distribuzione nazionale e installati presso edifici pubblici. Il contributo previsto, in conto capitale, ha coperto fino all'85% del costo dell'investimento, per un massimo di 13.000 euro per kWp installato.

- **Programmi regionali per tutti i soggetti privati e pubblici** (Stanziamento di 75.770.000 € più cofinanziamento delle regioni per almeno il 30% del contributo pubblico). Programma destinato a soggetti sia pubblici che privati per la realizzazione di impianti fotovoltaici di taglia compresa fra 1 e 20 kW, installati in edifici di proprietà o su elementi di arredo urbano connessi alla rete elettrica di distribuzione nazionale. Il programma è stato gestito dalle Regioni, ognuna delle quali ha stabilito, con un bando di partecipazione, le modalità di presentazione delle domande e di erogazione del contributo. Sono state presentate oltre 6.700 domande, con un totale di impianti finanziati che supera le 2000 unità (fino all'esaurimento dei fondi). Visto il successo dell'iniziativa, il Ministero dell'Ambiente, d'accordo con le Regioni (a cui è affidata la gestione del Programma), ha deciso di destinare al programma regionale oltre 23 milioni di euro, e altrettanti sono versati dalle Regioni. Gli impianti sono finanziati con un contributo a fondo perduto del 70% dei costi ammissibili, consentendo così finanziare altri 3.100

impianti per una potenza complessiva superiore ai 9.300 kWp (considerando una taglia media degli impianti di 3 kW).

A tale fase del Programma (2001-2002) hanno aderito tutte le Regione e le Province autonome di Bolzano e Trento, decretando un sostanziale successo dell'iniziativa, tanto che nella maggior parte dei casi il Programma è stato rifinanziato anche per il biennio successivo.
In particolare con il D.g.r. 9 maggio 2003 n.7/12922 "Rifinanziamento Programma "tetti fotovoltaici". Sottoprogramma rivolto ai soggetti pubblici. Assegnazione di contributi a fondo perduto a soggetti pubblici diversi per la realizzazione di impianti fotovoltaici di potenza da 1 a 20 KWp collegati alla rete elettrica di distribuzione (Decreto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio 12 novembre 2002)" la Regione Lombardia ha deciso di apportare nuove risorse finanziarie al primo Programma rivolto ai soggetti pubblici, avviato con il d.d. n.106/2001/SIAR. Le risorse assegnate alla Regione attraverso questo rifinanziamento ammontano a 292265,55 €, destinate ai progetti partecipanti al primo bando che, pur essendo stati ritenuti ammissibili, non avevano avuto diritto al contributo statale; la Regione si è impegnata altresì a stanziare una cifra analoga per lo stesso fine per un totale di 584531,10 € (7). Da sottolineare come la Lombardia abbia puntato non solo sul fotovoltaico, ma anche sugli impianti solari, per la produzione di calore e acqua calda sanitaria negli edifici, destinando una parte del decreto proprio a questo tipo di installazioni e sottolineando la completa integrabilità dei due sistemi.

### *2.2.2.2 – Il Programma per il solare termico*

Nonostante i costi siano spesso più contenuti rispetto a quelli per gli impianti fotovoltaici, anche le tecnologie legate alla produzione di acqua e di aria calda (per abitazioni ma anche per ogni altro tipo di utenza) sono ancora poco competitive rispetto a quelle tradizionalmente usate in edilizia, e in ogni caso ancora poco diffuse. Tuttavia anche queste possono risultare fondamentali per un approccio più sostenibile dell'edilizia, e soprattutto un importante mezzo per rispettare gli impegni presi dall'Italia con la ratifica del Protocollo di Kyoto. Dopo aver verificato l'adesione delle Regioni, e dunque la fattibilità del progetto, il Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio ha definito e avviato il "Programma solare - termico. Bandi regionali", attraverso il decreto direttoriale 972/2001/SIAR/DEC del 21 dicembre 2001, finalizzato all'incentivazione dei sistemi solari termici per la produzione di calore a bassa temperatura. Tale bando prevede l'erogazione di risorse da destinare ai soggetti pubblici e privati selezionati dai bandi emessi dalle regioni e province autonome, che concorrono al finanziamento per una quota pari al 50% dei contributi in conto capitale totali.
Il costo del programma per il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio è stato determinato in 8.262.310,38 € (8).

In particolare la Regione Lombardia ha pubblicato un bando per l'erogazione di contributi a soggetti pubblici o privati che installino, nel territorio regionale, impianti solari termici per la produzione di acqua calda ed aria calda (sia per usi collettivi che abitatitivi).
Nello specifico l'installazione dovrà riguardare gli impianti solari distinti in:

- installazioni per uso abitativo: mono e plurifamiliari per la produzione di acqua calda;
- installazioni per usi diversi da quello abitativo per la produzione di acqua calda;
- installazioni per la produzione di aria calda.

L'entità dei contributi è pari a:

- lire 600 al KWh calcolato su base annua per la produzione di acqua calda nelle utenze abitative;
- lire 400 al kWh calcolato su base annua per la produzione di acqua calda nelle utenze non residenziali;
- lire 400 al kWh calcolato su base annua per la produzione di aria calda.

Inoltre, per ogni realizzazione di impianto solare, la Regione riconosce, in aggiunta al contributo di cui sopra, un importo forfettario di 250.000 lire per spese tecniche ed amministrative.
Per accedere ai contributi, gli interessati dovevano rivolgersi ai produttori e distributori, indicati nell'elenco allegato al bando, che dovevano predisporre documentazione necessaria e la invieranno alla Regione.

Dato il successo dell'iniziativa, la Regione Lombardia (analogamente a molte altre Regioni italiane (9)) per l'anno 2003-2004, con scadenza il 31 ottobre 2003, ha finanziato con un nuovo bando i sistemi solari termici con contributi a fondo perduto compresi tra il **20% e il 25%** circa del costo totale d'impianto (la cifra esatta dipende dalla superficie di pannelli installata). Sulla quota rimanente è possibile detrarre dall'IRPEF il **36%** del costo totale dell'impianto, diminuendo così il costo dell'impianto che il soggetto richiedente deve sostenere.

### 2.3 – Applicazione della normativa: problemi e cause

Nonostante la promulgazione di numerose leggi (italiane ed europee) che avrebbero dovuto portare una maggiore diffusione delle architetture eco-compatibili e conseguentemente un maggior risparmio di energia in particolare nel settore residenziale (responsabile dell'uso di oltre il 40% di energia totale in Europa), questo risultato tarda a rendersi evidente, specialmente in Italia.
Sicuramente va considerato come la residenza sia una delle tipologie più difficili da innovare ed in cui integrare nuovi sistemi e nuove tecnologie che spesso si accompagnano al risparmio energetico, soprattutto per la non completa competitività degli stessi e i budget spesso contenuti con cui i progettisti devono fare i conti. Da non sottovalutare oltre al problema economico è la diffidenza di utenti e committenti nei confronti dell'idea della residenza "sostenibile", che sembra così lontana dagli standard tradizionali: sarebbe sufficiente una maggiore diffusione di progetti-pilota che illustrassero la vera natura di un'architettura eco-compatibile per comprendere come sia possibile far convivere il rispetto dell'ambiente, delle leggi e delle abitudine dell'utente.
Come può dunque la normativa aiutare a cambiare questa mentalità per ottenere lo scopo che si prefigge, e quali sono i motivi per cui essa viene più considerata un ostacolo invece che un'opportunità di crescita?
Alla luce di alcune esperienze italiane, come quella descritta nel prossimo paragrafo (il Codice Concordato), appare chiaro come il successo delle leggi e delle normative emesse dallo Stato o dall'Unione Europea sia legato principalmente al loro grado di "concretezza": nonostante si parli molto spesso di "volontarietà" nell'adesione a programmi, codici o risoluzioni, è solo con l'obbligatorietà che effettivamente si ha la certezza del rispetto di quanto sottoscritto. Inoltre la chiarezza nell'esposizione e obiettivi concreti e materiali da raggiungere rende le normative più incisive: con semplici suggerimenti, vaghi o poco circoscritti, si ottiene solo un'ulteriore difficoltà, ossia quella di dover decidere come applicare tale consiglio, allungando i tempi del processo di applicazione o addirittura fermandolo.

La formazione dei professionisti poi costituisce un altro ostacolo al rispetto della legge: la maggior parte degli operatori del settore non ha la conoscenza necessaria per applicare con successo e senza difficoltà quanto stabilito nelle normative, dunque se non si presuppone l'imposizione di determinate decisioni difficilmente se ne ottiene il rispetto facendo leva solo sull'etica.
Tuttavia i tempi di modifica dell'apparato legislativo esistente sulla base di quanto auspicato dall'Unione Europea sono sempre piuttosto lunghi e costituiscono un ulteriore deterrente allo sviluppo di una nuova mentalità del costruire: da qui l'importanza di iniziative quali ad esempio l'Agenda 21 locale, organismi in grado di gestire situazioni più circoscritte e pertanto maggiormente controllabili, quali ad esempio la modifica di strumenti attuativi come Piani Regolatori, Norme Tecniche di Attuazione, Regolamenti Edilizi dei Comuni, fino ad arrivare ai Piani Energetici, grazie ai quali è possibile eseguire maggiori controlli e perseguire l'obiettivo di realizzare architetture rispettose dell'ambiente.

*PARTE II – GLI STRUMENTI ATTUATIVI IN ITALIA*

## 2.4 – Gli strumenti attuativi a disposizione

La conoscenza degli strumenti legislativi a disposizione del progettista è fondamentale non solo per il rispetto della legge stessa, ma anche per una diffusione più capillare di una nuova mentalità progettuale attenta alle esigenze dell'ambiente, parallelamente a quelle dell'uomo. Le leggi e i decreti, nazionali ed europei, sopra descritti e tutti quelli posti a corollario costituiscono la base per il raggiungimento di tale obiettivo, indicando agli operatori del settore il percorso da intraprendere e i passi da seguire. Ponendosi inoltre come vincolo legislativo da rispettare imprescindibilmente per la realizzazione di un'opera, essi fissano le coordinate e i punti chiave della strategia per la sostenibilità a livello nazionale o internazionale, garantendo così una concertazione delle operazioni.
Ma sono soprattutto gli strumenti di governo del territorio e dell'architettura (sostenuti dalla Legge 142 del 1990) a scale più piccole, cioè a livello regionale, provinciale o locale ad essere fondamentali per la diffusione di un approccio progettuale più consapevole della necessità di rispettare l'ambiente. Essi sono infatti i mezzi attraverso cui il progettista opera, quelli cioè che definiscono con maggiore chiarezza e in modo particolareggiato le caratteristiche che l'opera progettata deve possedere per essere considerata idonea anche dal punto di vista ambientale: possono quindi essere chiamati "strumenti attuativi", in quanto legati alla dimensione operativa, concreta del progetto di architettura o dell'intervento urbanistico da attuare. Appare chiaro come essi svolgano un ruolo importante per lo sviluppo di una mentalità "sostenibile", a partire dalla presenza di vincoli eventualmente posti nello statuto di ogni strumento, che obbligano il progettista a confrontarsi con i temi del rispetto ambientale e del minimo impatto della propria opera nel contesto, fino ad arrivare a far diventare tale approccio una prassi progettuale ordinaria in grado di diffondersi a larga scala, specialmente negli operatori di nuova formazione. Questo significherebbe dare un nuovo valore all'architettura, specialmente di nuova costruzione, costituendo tra l'altro un'ottima pubblicità per il Comune che ha operato le modifiche. La rivisitazione in chiave sostenibile di leggi e regolamenti è auspicabile proprio per l'influenza diretta e totale che questi hanno sull'intero processo edilizio, dalla progettazione al collaudo, senza considerare poi il fatto che fino ad oggi essi hanno deliberatamente ignorato l'impatto sull'ambiente del manufatto edilizio così come dei suoi singoli componenti (aspetto questo da cui non si può più prescindere, data la gravità delle conseguenze che comporta).
Gli strumenti attuativi che possono e dovrebbero essere riorganizzati per raggiungere gli obiettivi previsti sono molti. Tra questi sicuramente i più significativi ed utilizzati (e quindi quelli con il maggior impatto e diffusione) vanno annoverati:

- **Leggi regionali speciali,** specifiche del contesto a cui si riferiscono, possono indirizzare meglio quanto già stabilito a livello nazionale verso le necessità locali; a volte possono coniugare con l'aspetto legislativo quello economico, destinando fondi e sovvenzioni in favore di interventi sul territorio che tengano in considerazione il proprio impatto ambientale.
- **Piani energetici (provinciali e comunali)**, nati sulla scia del Piano Energetico Nazionale, ne costituiscono un approfondimento a scala locale, anch'essi strettamente legati alle realtà a cui si riferiscono e alle loro dinamiche interne. Volti principalmente a salvaguardare l'aspetto energetico, sono fondamentali per la diffusione di fonti energetiche rinnovabili e il loro utilizzo anche negli edifici, favorendo così l'integrazione di tecnologie innovative ed efficienti quali sistemi fotovoltaici o pannelli solari.

- **PRG e Norme tecniche di attuazione**, strettamente legati al governo del territorio nel suo insieme, possono limitare i danni causati dall'uso improprio degli altri strumenti attuativi e garantirne il rispetto, individuando aree da preservare o le modalità di intervento specifiche a seconda della zona destinata all'intervento. In molti casi poi è possibile intervenire anche dal punto di vista economico riducendo o eliminando oneri di concessione se vengono utilizzati determinati criteri di progettazione, intervenendo sui calcoli volumetrici etc.
- **Regolamento Edilizio**, uno degli strumenti attuativi più importanti in quanto definisce le caratteristiche costruttive del manufatto edilizio e può influenzare le scelte tecnologiche del progettista.
- **Regolamenti d'igiene**, può influire sulle scelte del progettista ponendo l'accento sull'aspetto del comfort interno da ottenere senza l'ausilio di impianti costosi dal punto di vista ambientale: ad esempio stabilendo il corretto rapporto aero-illuminante di ogni ambiente a seconda delle effettive necessità, così come suggerire tecniche e tecnologie da utilizzare per minimizzare l'impatto ambientale.

Le difficoltà di attuare questo tipo di modificazione degli strumenti attuativi di un Comune o di una Provincia però sono molte, e molto spesso rallentano, se non fermano, tale processo. Nella maggior parte dei casi occorre infatti avere le conoscenze necessarie per effettuare le correzioni coerentemente con la realtà locale, perché esse siano viste come un passo verso il miglioramento piuttosto che un'intrusione nelle tradizioni consolidate, o addirittura una complicazione per il progettista: anche per sopperire a questa lacuna è stata istituita la Rete Nazionale Punti Energia (§ 2.6), che garantisce sostegno e consulenza ad amministrazioni comunali e soggetti interessati nelle questioni strettamente energetiche così come nella stesura degli documenti attuativi sopra descritti, per un migliore governo del territorio.
Gli ostacoli alla ristesura dei regolamenti attuativi non si esauriscono nella scarsa competenza di chi ne è preposto, ma sono costituiti anche da difficoltà pratiche ed economiche, che molto spesso non fanno nemmeno prendere in considerazione l'idea alle amministrazioni, soprattutto per le conseguenze dirette che un gesto come questo avrebbe sulle attività: questo infatti comporta un maggior controllo sulle pratiche ed eventualmente la costituzione di uffici preposti, oltre alla formazione degli addetti impegnati in questo compito; da considerare poi la mole di lavoro da svolgere per l'aggiornamento dei più importanti ed articolati strumenti di gestione degli interventi, come possono essere appunto Regolamenti Edilizi, Piani Regolatori e quant'altro, tale da scoraggiare, nella maggior parte dei casi, la volontà di amministrazioni comunali più "illuminate".
Nonostante questi "svantaggi", alcuni Comuni e Regioni hanno effettivamente cercato di mettere a punto degli strumenti attuativi di diversa natura rispondenti alle più innovative idee sulla sostenibilità, dal momento che leggi, codici e regolamenti influenzano considerevolmente ogni aspetto della progettazione (e della successiva realizzazione) di edifici e manufatti.

### *2.4.1 – Le iniziative di alcuni Comuni e Regioni*

Negli ultimi anni alcune importanti iniziative a livello legislativo sono state portate avanti da alcune Amministrazioni comunali italiane, anche se il loro numero è relativamente esiguo e nella maggior parte dei casi si tratta di promulgazioni di leggi regionali che intervengono nell'aspetto economico. Più rari sono invece interventi di aggiornamento di strumenti attuativi quali Regolamenti edilizi, Piani Regolatori: le operazioni sono più complesse e cariche di conseguenze.

Nel caso di **Leggi Regionali** e **delibere locali**, esse si sono prevalentemente occupate di oneri di concessione ed urbanizzazione e di calcoli sulla volumetria, così come di preservare energia e utilizzare fonti rinnovabili:

- Leggi delle province autonome di Trento LP 22/91 e Bolzano LP 4/93: garantiscono l'esenzione dal versamento degli oneri di urbanizzazione per opere, installazioni ed impianti che usino energie rinnovabili e/o permettano la conservazione e/o il risparmio di energia.
- La L.R. 21/95 della Regione Lombardia, "Nuove modalità di calcolo delle volumetrie edilizie e dei rapporti di copertura limitatamente ai casi di aumento degli spessori dei tamponamenti perimetrali ed orizzontali per il perseguimento di maggiori livelli di coibentazione termo-acustica o di inerzia termica": consente di non inserire nel calcolo della volumetria il maggior spessore delle pareti rispetto al minimo necessario per soddisfare le prescrizioni normative, nel caso in cui si pervenga ad un maggior comfort – regola successivamente adottata in Veneto (L.R. 21/96), Puglia (L.R.23/98), Piemonte (L.R. 21/98) e Basilicata (L.R. 15/00).
- Delibera di Giunta n.1754 del 30/09/1997 della Regione Emilia Romagna: con questa delibera si è decisa la riduzione degli oneri di urbanizzazione: "per le costruzioni bioclimatiche, ecologiche o, comunque, realizzate con tecnologie alternative e non inquinanti, gli oneri di urbanizzazione secondaria possono essere ridotti fino al 50%.
- L.R. n. 27 DEL 28-10-1999 della Regione Marche, "Norme per l'attività agrituristica e per il turismo rurale": per quanto riguarda gli Immobili la Regione favorisce la conservazione delle caratteristiche tipologiche e architettoniche degli edifici esistenti per salvaguardare le caratteristiche ambientali delle zone rurali ed il ricorso alle tecniche di bioarchitettura.

Anche attraverso i **Piani Regolatori Generali** (di seguito chiamati PRG) e **Norme Tecniche di Attuazione** è stato possibile garantire delle agevolazioni ai progettisti per favorire la diffusione di una pratica progettuale che abbia il minimo impatto ambientale:

- PRG di Rignano sull'Arno (FI) del 1996: prevede una riduzione degli oneri di concessione (pari al 10%) in caso di adozione di criteri di progettazione ecologica e di sistemi costruttivi e materiali eco-compatibili.
- PRG di Faenza, adottato il 12 settembre 1996 e pubblicato il 20 maggio 1998: contiene un intero capitolo sugli "Incentivi e Promozione della Bioedilizia", i cui articoli sono volti ad incentivare una elevata qualità costruttiva associata ad interventi di riqualificazione puntuale. In funzione delle diverse zone urbanistiche, vengono proposti incentivi a cui il privato può accedere qualora applichi al progetto le regole essenziali della bioedilizia, in un'ottica di sperimentazione ma anche di riqualificazione degli spazi aperti. In virtù di questo, il 14 dicembre 1999 è stato assegnato al Comune di Faenza il PRIMO PREMIO per la tutela dell'ambiente dell'ambito del Concorso Nazionale promosso dall'ENEA, in quanto considerato particolarmente innovativo per la considerazione e la promozione dei concetti di compatibilità energetico - ambientale. Interessanti sono anche l'applicazione di tecniche bioclimatiche, di procedure flessibili e facilmente adattabili ad altre realtà locali, nonché l'innovazione e l'efficacia del sistema incentivante, attuato attraverso una capillare informazione della popolazione ed una pronta attivazione di azioni di monitoraggio, con l'obiettivo di conseguire, a lungo termine, importanti benefici in termini di qualità e benessere ambientali a favore di tutti i cittadini

Gli strumenti attuativi maggiormente influenti sulla costruzione dei manufatti edilizi e particolarmente importanti per incentivare la diffusione di tecniche e tecnologie attente

al risparmio energetico e all’impatto ambientale sono sicuramente i **Regolamenti Edilizi**:

- Nuovo regolamento edilizio del comune di Firenze (2000), in cui una specifica sezione è dedicata alle “Linee guida e raccomandazioni progettuali per l’uso efficiente dell’energia e per la valorizzazione delle fonti energetiche rinnovabili e assimilate negli edifici nelle grandi aree di trasformazione e sviluppo urbano, nelle nuove edificazioni e nelle estese ristrutturazioni”.
- Delibera di Giunta Regionale n. 21 del 16 gennaio 2001 della Regione Emilia Romagna: modifica il vigente Regolamento Edilizio tipo introducendo la sezione "Requisiti tecnici volontari per le opere edilizie”, in cui sono previsti nuovi requisiti bioclimatici ed ecosostenibili.

Come è possibile notare dall’elenco, le modifiche agli strumenti esistenti sono numericamente esigue e piuttosto recenti. In particolare gli ultimi in ordine cronologico ad essere interessati da aggiornamenti riguardo la sostenibilità sono proprio gli strumenti attuativi per eccellenza, quelli maggiormente coinvolti e con più influenza sul processo di progettazione e realizzazione: i regolamenti edilizi. Questo potrebbe essere spiegato con la difficoltà di introdurre articoli (o intere sezioni, come nel caso di Firenze o della Regione Emilia Romagna) interamente dedicati a raccomandazioni o obblighi nell’utilizzo di tecniche e tecnologie per il risparmio energetico e l’impatto ambientale. Relativamente più semplice e con minori conseguenze è infatti applicare riduzioni negli oneri di concessione o urbanizzazione, oltre che essere anche meno impegnativo per un progettista che intende comunque realizzare un’architettura sostenibile. Questa è stata la strada subito intrapresa dopo il vertice di Rio de Janeiro sullo sviluppo sostenibile e l’avvio del progetto Agenda 21 da parte di alcuni Comuni, e presente già dal 1993 negli strumenti attuativi quali PRG e Norme Tecniche di Attuazione. Tuttavia i due esempi di Regolamenti Edilizi modificati negli ultimi tre anni potrebbero costituire un importante esempio da seguire. In ogni caso è da sottolineare come qualsiasi cambiamento messo in atto nei propri strumenti di governo da parte di ogni Amministrazione Comunale è una scelta volontaria e non prescrittiva, cosa che probabilmente ne sancisce la scarsa diffusione. Da questo punto di vista la nascita di iniziative volontarie come la creazione di un Codice Concordato sulla qualità delle costruzioni (§ 2.5) e la sua adozione da parte di Comuni e Province costituisce un notevole passo in avanti nella consapevolezza della necessità di mettere in atto una strategia a diverse scale per uno sviluppo del territorio in armonia con l’ambiente.

## 2.5 – Una proposta per la sostenibilità: il Codice Concordato

### *2.5.1 – Il percorso di formazione del Codice*

L’iniziativa che ha portato alla stesura del Codice Concordato è frutto della collaborazione dei Ministeri dell’Industria, dell’Ambiente, dei Lavori Pubblici, dei Beni Culturali, con l'ENEA, l'Istituto Nazionale di Architettura (IN/ARCH), il Consiglio Nazionale Architetti, il Consiglio Nazionale Ingegneri, l'Istituto Nazionale di Urbanistica (INU), l'Observatoire Internationale d'Architecture, l'Associazione Nazionale Comuni Italiani (ANCI), l'Associazione Nazionale Costruttori Edili (ANCE), ANCITEL, Istituto Centrale per il Restauro, IEFE - Bocconi, le Associazioni della Rete Punti Energia lombardi e numerose amministrazioni locali, ed è stata coordinata dall’Architetto Cettina Gallo (10).
Il Codice, presentato per la prima volta durante la Conferenza Nazionale Energia e Ambiente tenutasi a Roma nel novembre del 1998, nella forma in cui è stato redatto

vuole sottolineare l'aspetto della *volontarietà* e della *consapevolezza,* da parte dei cittadini e delle Amministrazioni Pubbliche, degli obiettivi da raggiungere. L'impostazione di tale codice volontario deriva dalla Carta di Aalborg (11), approvata dai partecipanti alla Conferenza Europea sulle città sostenibili, in cui le città "si impegnano ad utilizzare gli strumenti tecnici e politici disponibili per attuare un approccio alla gestione urbana che tenga conto degli ecosistemi […], strumenti normativi, economici e di informazione quali direttive, imposte e tasse; nonché meccanismi che contribuiscano ad accrescere la consapevolezza dei problemi e prevedano la partecipazione dei cittadini" (12). Inoltre, tale Carta suggeriva e favoriva l'adozione di piani di azione di lungo periodo a livello locale (programmi locali dell'Agenda 21), rafforzando a tal fine la cooperazione tra gli enti locali e inserendo tale processo nel quadro degli interventi dell'Unione Europea a favore dell'ambiente urbano.
Partendo da questo tipo di considerazioni, tale Codice, costituito da diciotto raccomandazioni (frutto di un anno di intensa collaborazione tra i vari soggetti protagonisti in Italia del processo edilizio - amministratori pubblici, tecnici, ingegneri e architetti, associazioni - e redatte dall'Avvocatura dello Stato per un loro più facile inserimento nei Regolamenti Edilizi e negli strumenti attuativi dei Comuni) definisce in sostanza il bisogno di un impegno politico per la promozione e l'assicurazione dell'elevata qualità energetico - ambientale dei programmi di riqualificazione urbana, di recupero edilizio e urbano, di edilizia di sostituzione, nonché della pianificazione di nuovi insediamenti. I punti di cui si compone il Codice Concordato non costituiscono delle vere e proprie regole, ma dei suggerimenti volutamente generici per permetterne l'adattamento al contesto e alle specifiche esigenze locali.
Per attuare quanto previsto dal Codice le Pubbliche Amministrazioni dovrebbero infatti apportare modifiche alla loro organizzazione, anche per promuovere la partecipazione della collettività alla gestione del territorio e alle sue trasformazioni, e garantire la diffusione di informazioni sulla qualità energetico - ambientale degli interventi sugli edifici e sui relativi spazi aperti. In particolare viene favorito il recupero dell'esistente rispetto alla nuova edificazione e alla costruzione di nuovi insediamenti. Inoltre, le azioni previste sono articolate su diversi livelli: dalla scala sovracomunale fino a quella comunale, e ove possibile, fino al singolo intervento.

Tale Codice non si configura però come una guida, ma come un punto di riferimento per i soggetti pubblici e per quelli privati da cui partire per una riflessione e una riorganizzazione del modo di fare architettura, necessariamente diverso da comune a comune secondo le condizioni contingenti, ma comunque improntato secondo l'etica sostenibile. La sua forma generica e il carattere volontario possono essere considerati dei vantaggi per l'ampia possibilità di applicazione a qualsiasi realtà che offrono, tuttavia pongono grossi limiti allo sviluppo e alla diffusione del Codice stesso, per la eccessiva indeterminatezza dei principi e delle raccomandazioni che lo compongono.

### *2.5.2 – Contenuti e obiettivi del Codice*

L'obiettivo principale del "Codice concordato di raccomandazioni per la qualità energetico - ambientale di edifici e spazi aperti" è quello di ridurre i consumi energetici e l'utilizzo delle risorse, minimizzando gli impatti sull'ambiente e sul territorio e contemporaneamente migliorando la qualità del costruito.
Il documento è strutturato in tre parti distinte, che secondo delle linee guida intendono specificare rispettivamente:
- i requisiti ai quali devono rispondere i piani urbanistici e i progetti per ottenere elevati livelli di qualità energetico - ambientale degli edifici e degli spazi esterni;

- le azioni che possono essere avviate dalle amministrazioni pubbliche nonché da soggetti privati;
- le diverse iniziative riguardanti agevolazioni fiscali ed incentivi che possono essere offerti dalle amministrazioni pubbliche.

Tali parti sono così denominate e suddivise:

- **Principi**, in cui vengono individuati gli obiettivi del Codice – riduzione dei consumi di risorse ambientali ed energetiche e controllo degli impatti complessivi sull'ambiente e sul territorio – da attuare apportando le necessarie modifiche all'organizzazione delle Amministrazioni Pubbliche (soggetti principali, vista la loro crescente responsabilità nel campo dell'edilizia). Vengono inoltre suggerite le misure – generiche – da attuare in determinati settori: acqua, aria, suolo, verde, energia, provvidenze e agevolazioni.
- **Strumenti Urbanistici,** tra cui vengono annoverate carte tematiche (relative a suolo e sottosuolo, alla tutela e valorizzazione dell'eredità storica, alla tutela della salute pubblica, a temperatura, pluviometria, umidità, soleggiamento, venti) e strumenti relativi alla mobilità, all'acustica e all'assetto urbano, al fine di un corretto inserimento dell'intervento nel contesto ambientale ed urbano.
- **Progetti d'intervento**, all'interno della quale si sottolinea l'importanza che le fasi di concezione, realizzazione, gestione, trasformazione del costruito avvengano in modo coerente con il sito, con le sue opportunità e i suoi vincoli. A questo fine, devono essere garantiti adattabilità e durabilità degli edifici, e le tecnologie suggerite sono quelle bioclimatiche ed energetico - efficienti, insieme a quelle che valorizzano le tecniche tradizionali locali e le risorse umane. In particolare grande risalto viene dato agli aspetti di "Gestione energetico ambientale", di "Salubrità e comfort" e di "Relazione ecosistemica e di efficienza gestionale", esplicitamente trattati negli ultimi tre articoli del Codice.

Le "raccomandazioni", poste sotto forma di articoli, non sono prescrittive, e sono volutamente generiche per lasciare ai "destinatari" del documento la libertà necessaria per elaborare con maggior dettaglio, conformemente agli strumenti in dotazione a ciascuna Amministrazione, le strategie più consone al raggiungimento degli obiettivi posti dal Codice stesso.
Le linee guida tracciate dal documento arrivano infatti solo a suggerire una serie di attività che possono essere intraprese dalle singole amministrazioni con l'obiettivo di ridurre i consumi energetici e le emissioni di gas serra nel settore civile: tra queste, sono fondamentali quelle di informazione e sensibilizzazione dei cittadini, di formazione di operatori esperti, di applicazione di tecnologie innovative, di idonei criteri di progettazione e di attente politiche territoriali. Concretamente, le azioni che ogni Comune aderente potrebbe mettere in atto sono, tra le altre:

- utilizzare le fonti rinnovabili di energia per la realizzazione e la riqualificazione di edifici pubblici
- introdurre nei Regolamenti Edilizi elementi che favoriscano le nuove costruzioni o le ristrutturazioni di tipo bioclimatico
- corredare gli strumenti urbanistici con carte climatiche che contengano gli elementi relativi alla conoscenza della temperatura, della pluviometria, dell'umidità, del soleggiamento, dei venti.

L'applicazione di questo insieme di raccomandazioni doveva avvenire, secondo le modalità stabilite, in due fasi successive: la prima di queste prevedeva l'adozione del

Codice da parte dei Comuni, ossia la disponibilità di questi a realizzare e favorire interventi di alta qualità energetico - ambientale (13).
La seconda consisteva nella creazione di un Network costituito da Comuni ed Enti della Pubblica Amministrazione (sia centrale che regionale) con specifiche competenze in materia ambientale, grazie al quale passare dalla logica di “dichiarazione volontaria di intenti” alla realizzazione di azioni concrete, all’assunzione di scadenze e impegni prestabiliti.

Tra questi, con l’intento di favorire la diffusione e l’applicabilità del Codice, il Consiglio Nazionale degli Architetti e il Consiglio Nazionale degli Ingegneri, raccogliendo l’istanza dell’ENEA, dell’Istituto Nazionale d’Architettura (IN/ARCH) e degli altri partners del Network aderenti al Codice hanno proposto di caratterizzare in termini di “elevata qualità ambientale” (la stessa perseguita come obiettivo primario dal Codice Concordato) anche alcuni concorsi di progettazione, per introdurre e favorire la diffusione del concetto soprattutto tra progettisti e committenti, riconoscendo la fondamentale importanza dell’informazione e della formazione di tutti i soggetti coinvolti. A tale proposito è stato elaborato ed approvato un bando di concorso “tipo” per architetture eco-compatibili, anch’esso lasciato volutamente indifferenziato per poter essere modificato sulla base delle esigenze e delle condizioni da ciascuna amministrazione, e strutturato in modo tale da non dover sottostare all’approvazione dei due Consigli Nazionali (come per qualsiasi altro concorso), snellendo notevolmente i tempi di attesa.
Questa iniziativa è stata ideata con l’intento di diffondere i principi e i criteri di una nuova progettualità, caratterizzata dal concetto di “etica del costruire”, perseguendo la qualità ambientale dell’architettura. A questo scopo vengono indicati alcuni punti, che inseriti nel progetto, gli conferiscono maggior valore:

- → il paesaggio come parte integrante del progetto: si prende in considerazione il complesso sistema di relazioni che intercorrono tra architettura e spazi aperti circostanti.
- → uso di risorse locali: la morfologia dei luoghi diventa determinante nella scelta delle tipologie e dei modelli insediativi dell’architettura, come anche materiali e tecniche di costruzione locali.
- → uso di energia rinnovabile: riduzione del consumo di energia non rinnovabile con conseguente miglioramento della qualità dell’aria ed indirettamente della salute. In particolare si privilegia l’aspetto della integrazione di sistemi di controllo attivi e passivi.
- → recupero e riutilizzo di acqua piovana: riduzione dello spreco di una risorsa non rinnovabile, con l’obiettivo di ogni costruzione di conservare la totalità dell’acqua prodotta all’interno del proprio lotto.
- → riduzione e trattamento differenziato dei rifiuti (soprattutto se rifiuti della costruzione): attenzione alla riciclabilità dei materiali e dei prodotti proposti dal progetto.

### *2.5.3 – Le applicazioni del Codice Concordato*

La definizione di strategie per l’attuazione del Codice avviene, come già accennato, nella seconda fase: dopo aver costituito un Network di partners, questi si impegnano, ciascuno con il suo ruolo e la sua specifica funzione, a mettere in pratica quanto espresso concettualmente nella prima fase di “dichiarazione di intenti”. In particolare, Il Collegio degli Architetti e quello degli Ingegneri contribuiscono alla causa con la

stesura del bando di concorso per architetture eco-compatibili (§ 2.5.2); le regioni e alcuni comuni (ad esempio Faenza (14)) a loro volta aderiscono prevedendo agevolazioni fiscali e, ove possibile, finanziamenti; il Ministero dei Lavori Pubblici ha stanziato fondi destinati alla realizzazione dei Contratti di Quartiere.
L'accordo stabilisce infine impegni per gli aderenti: ai ministeri si richiede il riconoscimento della priorità delle istanze presentate dai comuni associati al *network* per l'accesso a fondi di investimento in materia energetico ambientale; a enti, istituti e associazioni che sono chiamati a fornire le informazioni delle loro banche dati e, in generale, informazioni utili all'attuazione dei principi contenuti nel Codice; a regioni e province, che nelle loro attività di pianificazione e coordinamento si impegnano a concretizzare entro tre anni dall'adozione del Codice almeno una delle raccomandazioni in esso contenute.
I soggetti aderenti, invece, dovrebbero organizzare punti di consulenza tecnica per i comuni e le imprese edilizie e di consulenza giuridico - economica per la stesura di eventuali accordi volontari, istituire corsi di formazione presso i comuni per l'approfondimento di temi relativi all'architettura a elevata qualità energetico - ambientale e privilegiare i progettisti in possesso di diplomi ottenuti in seguito alla frequenza di corsi di perfezionamento nel settore.

***I Contratti di Quartiere***

La proposta dei "Contratti di Quartiere", promossi dal Ministero dei Lavori Pubblici con un apposito bando di gara (G.U. 30 gennaio 1998 n.24) (15) rientra di fatto nella seconda fase di attuazione del "Codice concordato di raccomandazioni per la qualità energetico - ambientale di edifici e spazi aperti". Il loro scopo è favorire interventi di recupero in zone particolarmente degradate agevolando l'interazione tra amministrazione e soggetti privati. Tali programmi prevedono interventi di tipo edilizio ed urbanistico, azioni e misure per favorire lo sviluppo sociale e per incrementare l'offerta occupazionale, approccio integrato e collaborazione intersettoriale all'interno della pubblica amministrazione, coinvolgimento degli abitanti e delle organizzazioni presenti sul territorio, e incoraggiano, nelle diverse fasi di progettazione e di intervento, un ruolo attivo e propositivo dei soggetti sociali. Non si tratta quindi semplicemente di progetti volti a recuperare zone degradate o caratterizzate da "povertà urbana": viene posto l'accento soprattutto sulla necessità di collaborazione attiva tra amministrazioni locali, organizzazioni private e utenti, sottolineandone così la valenza sociale.
Dal punto di vista urbanistico ed architettonico l'obiettivo che si vuole raggiungere è in particolare di recuperare la funzionalità del contesto urbano degradato attraverso il risparmio di risorse, una migliore dotazione di servizi, verde pubblico e infrastrutture, al fine di aumentare la qualità abitativa e gli standard ambientali.
I Contratti di quartiere nascono quindi come risposta alla sempre più diffusa richiesta di qualità abitativa ed urbana. I temi di sperimentazione da sviluppare all'interno delle proposte vengono raggruppati in quattro obiettivi generali di qualità (morfologica, ecosistemica, fruitiva e sistema qualità) e riflettono scelte strategiche finalizzate all'innalzamento degli standard qualitativi sia a livello di alloggio che di contesto urbano, con grande attenzione al tema della sostenibilità ambientale e dell'ecologia urbana.
Tra i criteri di selezione delle proposte utilizzati per la graduatoria sono stati tenuti in considerazione i caratteri del Comune, l'ambito dell'intervento, la presenza di finanziamenti apportati da altri soggetti (istituzionali e privati) e dalle regioni, i caratteri del progetto preliminare e del programma di sperimentazione. In particolare i criteri maggiormente utilizzati sono quelli riguardanti il risparmio energetico, la qualità

dell'area e la fluidodinamica, la protezione contro il rumore, le proprietà tossicologiche e la valutazione dell'edificio.

Per quanto riguarda i finanziamenti, ciascun contratto poteva disporre di un sovvenzionamento tra i 3 e i 20 miliardi di lire. I progetti presentati dalle Regioni ed esaminati dalla Commissione appositamente incaricata dal Ministero dei Lavori Pubblici sono stati 86; tra i 61 ritenuti idonei secondo i criteri sopra specificati, solo 46 sono entrati a far parte della graduatoria definitiva stilata dal Segretariato Generale del Comitato per l'edilizia residenziale e beneficeranno dei 600 miliardi di lire di finanziamento originariamente predisposti.

Uno dei principali progetti in graduatoria è quello sito a Torre Annunziata (Napoli), per cui è prevista la demolizione e ricostruzione delle palazzine che compongono il quartiere Peniniello: 300 alloggi per 2500 persone circa, costruiti negli anni Ottanta per ospitare, temporaneamente, le famiglie terremotate. Con l'intervento del Contratto di Quartiere, per cui sono stati destinati 8,7 miliardi di lire, verranno costruite altrettante abitazioni popolari temporanee o d'emergenza, caratterizzate da una elevata flessibilità.
Il secondo progetto riguarda l'ammodernamento dei servizi interni (ascensori, bagni, riscaldamento ecc.), delle facciate, di parti comuni, cortili e strade circostanti dell'isolato di Via Arquata a Torino, costruito intorno agli anni '20, per il quale sono stati stanziati 30 miliardi di lire (di cui 20 derivanti da contributi statali). La particolarità di questo progetto deriva dalla sua connotazione fortemente sociale: grazie alla collaborazione di gruppi di volontariato e cooperative sociali sono previsti la gestione di spazi comuni per giovani ed anziani, un programma di reinserimento per disoccupati, assistenza per disabili, a sottolineare la volontà collaborativa su tutti i fronti (non esclusivamente urbanistico ed architettonico) dell'iniziativa.
Altri interventi significativi sono quelli di Livorno, Terni, Campobasso, Crotone, Palermo, Bologna. Poiché ogni Regione non poteva presentarne più di cinque, i progetti non accettati in molti casi sono stati finanziati tramite fondi della legislazione regionale: è il caso per esempio di alcuni quartieri della capitale (Centocelle, San Lorenzo, Borgo Pio e Quadraro) , la cui esperienza potrebbe servire da esempio per la realizzazione di altri progetti validi esclusi dalla graduatoria dei Contratti di Quartiere.

### *Applicazione del Codice Concordato negli strumenti urbanistici dei Comuni*

La prima fase di attuazione del Codice Concordato prevedeva, come è già stato sottolineato, l'adesione da parte dei Comuni alle raccomandazioni che costituiscono l'ossatura del Codice, sottoscrivendo in questo modo una sorta di "dichiarazione d'intenti" , un impegno per la riorganizzazione dei propri strumenti urbanistici ed attuativi sulla base dei concetti espressi nel documento.
Nonostante il gran numero di Comuni che, almeno teoricamente, avevano preso tale impegno, ad una rapida analisi risulta che pochissime Amministrazioni hanno effettivamente e concretamente messo in atto strategie anche solo indirettamente riconducibili al Codice Concordato, e ancora meno quelle che hanno cercato di modificare la propria organizzazione in materia di interventi edilizi.

Portiamo ad esempio il caso del Comune di Mondovì, nel quale, con delibera del Consiglio Comunale del 30 settembre 1998, è stato adottato il "Codice di raccomandazioni per la qualità energetico ambientale di edifici e spazi aperti", "al fine di consentire l'applicazione dei principi in esso contenuti ai futuri atti di programmazione urbanistico - edilizia ed in particolare alla Variante Generale al Vigente Piano Regolatore".

In realtà quest'ultima, approvata il 28 luglio 2000, non contiene alcun riferimento al Codice, né tra i documenti previsti si annoverano norme o strategie a valenza ambientale, mentre l'unico riferimento, peraltro indiretto, ad insediamenti sostenibili o ecocompatibili, appare in previsione di un unico intervento edilizio, che verrà gestito da uno Strumento Urbanistico Esecutivo dove "le caratteristiche degli edifici devono dimostrare la loro specificità rispetto alle condizioni di ecocompatibilità dell'insediamento, supportate obbligatoriamente da analisi e relazione tecnico scientifica" e "l'esaminabilità del progetto in sede di concessione edilizia è subordinato alla redazione, da parte di esperti o Enti competenti in materia, dell'analisi del sito relativamente alle caratteristiche del microclima, del terreno e della qualità dell'acqua".
Nonostante siano state disattese le previsioni di una "sottomissione" alle raccomandazioni del Codice Concordato, è pur vero che questo Comune è uno dei pochi, tra quelli considerati aderenti nel 1998, ad aver esplicitamente (tramite delibera di Consiglio Comunale) dichiarato la propria volontà, poi rimasta tale, ad applicare concretamente tali principi.

Diverso è il caso di Livorno che, insieme al comune di San Ferdinando di Puglia, è considerato comune-pilota per l'applicazione di questo strumento, in particolare per quanto riguarda l'attuazione di politiche urbanistiche di qualità. L'intervento proposto è anche in questo caso un Contratto di Quartiere relativo al recupero del Quartiere Corea, per il quale è stato ottenuto un finanziamento di circa 20 miliardi di lire (16).
Molti altri comuni hanno approfittato del finanziamento derivante da questo tipo di intervento, ma paradossalmente solo in pochissimi casi le amministrazioni comunali sono a conoscenza non solo del legame con il Codice Concordato, ma addirittura dell'esistenza di quest'ultimo, indebolendo così lo spirito stesso dell'iniziativa.

### *2.5.4 - Il Codice Concordato cinque anni dopo: un bilancio dell'iniziativa*

A quasi cinque anni dalla presentazione del Codice Concordato alla Conferenza Nazionale Energia e Ambiente, considerando la previsione degli elaboratori che ne preventivarono un'applicazione sistematica a partire dal 2010 (quando presumibilmente si sarebbe conclusa la seconda fase di attuazione), può essere utile tracciare un primo bilancio, per quanto limitato, su questa iniziativa.

Attualmente sommarie indagini condotte presso i Comuni aderenti al Codice Concordato hanno evidenziato non solo una carenza di iniziative specifiche (indispensabili per la riuscita dell'iniziativa, dato il carattere volutamente generico del documento), così come era auspicato, ma addirittura in molti casi tale Codice è del tutto sconosciuto od ignorato.
Anche il successo dell'iniziativa dei Contratti di Quartiere, avviati indifferentemente in tutta Italia, può essere ascritto più alla presenza di finanziamenti appositi istituiti dal Ministero dei Lavori Pubblici per opere di riqualificazione di aree urbane degradate che per il suo legame con il Codice Concordato. Alla luce di questo fatto potrebbe essere utile favorire e promuovere finanziamenti statali ed europei per smuovere e modificare una realtà indolente alle trasformazioni e spesso poco informata, per informare e formare progettisti, committenti, utenti dell'architettura, per dare un input alla ricerca e all'innovazione.

Il punto di forza del Codice Concordato era, secondo gli autori, il suo essere composto di raccomandazioni generiche, indifferenziate, da accogliere volontariamente e adattare a condizioni, esigenze, strumenti diversi da comune a comune. Se l'obiettivo era quello di favorire in questo modo un libero sviluppo dell'etica del costruire, dando la

possibilità ai soggetti coinvolti di mettere in atto azioni mirate tese a dare risultati pressoché immediati, l'eccessiva genericità e semplicità con cui sono state proposte le "raccomandazioni", ha fatto in modo che questi principi non fossero accolti, né tanto meno avessero la forza di modificare, con dispendio di energie, tempo e denaro, gli strumenti consolidati su cui si basa la cultura del progetto italiana.
Forse proprio questa sua struttura aperta a qualsiasi interpretazione e rielaborazione ha contribuito alla sua scarsa diffusione ed applicazione, come invece ci si era auspicati. In molti casi, i Comuni hanno messo in atto strategie per la sostenibilità che superavano gli stessi obiettivi posti dal Codice, considerando quest'ultimo come scarsamente incisivo, se non addirittura un ostacolo alla rapida realizzazione di alcuni interventi: è il caso ad esempio del comune di Como (la cui esperienza sarà analizzata più dettagliatamente in seguito), in cui lo stesso Punto Energia, struttura che doveva effettuare consulenze presso le amministrazioni proprio a favore dell'applicazione del Codice Concordato, ammette di esserne a conoscenza ma di non averlo mai preso in considerazione nell'attuazione della politica energetica comunale e provinciale, come ad esempio nella stesura dei Piani Energetici.
Per quanto apprezzabile dunque l'idea di un documento cui aderire volontariamente, facendo leva sulla coscienza dei soggetti e dei cittadini, occorre una maggiore concretezza delle politiche da mettere in atto per non cadere nell'errore di produrre uno strumento di fatto inutilizzabile proprio perché universale. Questo infatti va contro il principio stesso della sostenibilità dell'intervento urbanistico o architettonico: quello della soggettività.

## 2.6 – Punti Energia e Agenda 21

### *2.6.1 – La Rete Nazionale Punti Energia*

La Commissione Europea, nell'ambito del programma SAVE della Direzione Generale XVII (poi rinominata DG TREN Energia e Trasporti), aveva stanziato dei finanziamenti triennali per la creazione nei Paesi membri di agenzie, regionali o locali, per la gestione dell'energia e l'incentivazione dell'uso razionale della stessa attraverso risorse energetiche locali e rinnovabili.
In Italia questo ruolo è stato assunto dai Punti Energia, la cui rete nasce in Lombardia nel 1995 grazie a contributi di Unione Europea, Regioni e Province che aderiscono all'iniziativa, in attuazione alle politiche energetiche europee. Attualmente i Punti Energia operativi sul territorio nazionale sono ubicati a Brescia, Cremona, Como, Pavia, Varese e Vergiate, coordinati da un'Unità Centrale con sede a Milano presso gli uffici della Regione Lombardia, e funzionano come strutture tecniche ed operative che lavorano in rete. L'obiettivo auspicato è di poter organizzare un Punto Energia in ogni provincia, e successivamente predisporre delle agenzie che operino a livello comunale nei più importanti centri urbani. Quella italiana si configura attualmente come la Rete europea più estesa a livello regionale, nonché la più vantaggiosa su vari piani: dal punto di vista strategico, la rete permette una migliore interazione con i vari livelli istituzionali e i soggetti locali, favorendo la necessaria collaborazione e sussidiarietà; dal punto di vista organizzativo, la struttura reticolare dei Punti Energia sparsi sul territorio lombardo è migliore per l'ottimizzazione di risorse, sia umane che materiali, con un notevole incremento dell'efficienza del sistema.
Inoltre la Rete dei Punti Energia ricopre la vice-presidenza di RENAEL (Rete Nazionale delle Agenzie Energetiche Locali), è membro di FEDARENE (Federazione Europea delle Agenzie Regionali per l'Energia e l'Ambiente) nella quale riveste la vice-presidenza del settore Comunicazione. Infine è attiva una collaborazione con Unioncamere Lombardia (che coordina gli sportelli Ambiente delle Camere di

Commercio) per la creazione di una rete di sportelli Ambiente ed Energia a favore delle imprese lombarde.

#### *2.6.1.1 – Struttura e obiettivi dei Punti Energia*

**L'Unità Centrale di Coordinamento**

L'Unità Centrale di Coordinamento delle Agenzie è retta da un direttore e da uno staff di responsabili di settore.
Gli obiettivi che quest'ultima si pone sono principalmente tre:
→ Promuovere l'apertura di nuove Agenzie locali e favorire azioni ed iniziative comuni che portino vantaggi alla Rete stessa;
→ Fornire supporto tecnico, logistico e strumentale alle Agenzie locali e agli operatori interessati – in particolare per l'utilizzo dei fondi strutturali e l'attuazione di processi di Agenda 21 locale - garantendo la qualità dei servizi erogati;
→ Svolgere attività di comunicazione ed informazione, attivare iniziative presso l'Unione Europea attraverso la partecipazione transnazionale ai vari bandi proposti.
Fra le attività portate a termine dalla Rete Nazionale Punti Energia va annoverata la collaborazione con la Regione Lombardia per la stesura del primo Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Lombardia, mentre tra quelle attualmente in corso significativa è l'elaborazione del Piano Energetico Regionale e la definizione di piani strategici per concretizzare quanto stabilito nel convegno di Kyoto.
Inoltre per ampliare la conoscenza dei propri servizi e tenere aggiornati gli operatori del settore la Rete pubblica trimestralmente una Newsletter e ha un sito internet di facile navigazione che consente un'ampia informazione.

***Le Agenzie Punto Energia***

La Rete Nazionale dei Punti Energia è strutturata in modo tale che ciascuna agenzia locale è in grado di organizzare e gestire autonomamente attività e servizi. La struttura del singolo Punto Energia è costituita principalmente da un direttore affiancato da due o tre project managers. Ciascuna Agenzia è organizzata in modo da poter gestire autonomamente tutte le attività e i servizi che fanno capo ad essa, in particolare quella di essere promotrice di attività dimostrative e di campagne di sensibilizzazione nei confronti dello sviluppo sostenibile.
Per raggiungere tale obiettivo la strada percorsa dalle Agenzie Punto Energia è quella di cercare di coinvolgere i consumatori nel processo rendendoli partner attivi, suddividendo così la responsabilità tra i vari soggetti coinvolti.

#### *2.6.1.2 – I servizi forniti*

I servizi forniti da ciascun Punto Energia sono essenzialmente di consulenza alle amministrazioni comunali, a enti pubblici e a privati nelle questioni riguardanti il territorio, la sua salvaguardia e soprattutto l'uso razionale dell'energia, rinnovabile o meno. Gli ambiti specifici in cui ogni Agenzia locale opera sono molti:

- **Agenda 21 locale:** fornire materiale documentario ed informazioni agli Enti locali, con predisposizione di progetti di Agenda 21 locale ad hoc per Province e Comuni interessati; consulenze nel settore energetico - ambientale; mantenimento dei contatti tra i vari soggetti; affiancamento dell'Ente locale per la stesura e la predisposizione di processi relativi all'Agenda stessa.

- **Assistenza ai bandi comunitari:** supporto ai bandi comunitari in materia di energia e ambiente nella ricerca e nella scelta dei partners; presentazione formale della proposta; supporto tecnico negli studi e in altre azioni, per sviluppare il potenziale delle fonti rinnovabili e migliorare l'efficienza energetica; messa a punto di strategie settoriali e di mercato, elaborazione di norme e standard, analisi delle condizioni giuridiche, socio-economiche e amministrative più favorevoli alla diffusione delle energie rinnovabili e dell'efficienza energetica e del miglioramento dei comportamenti nei consumi di energia.
- **Certificazione energetica:** elaborazione di una procedura per l'attestazione energetica degli edifici, con l'ausilio del software CENED 4, basato sulle norme italiane UNI-CTI 10344-10379 (che derivano dalla norma europea CEN TC 89 – Residential Building – Energy requirements for heating – calculation method); supporto tecnico a privati, enti pubblici e società immobiliari; attestato e pre-diagnosi energetica dell'edificio con individuazione degli elementi di spreco; Certificazione di edifici residenziali, terziari e pubblici con studio di possibili interventi di riqualificazione energetica.
- **Contratti gestione calore con TPF (***Third Party Financing* - finanziamento tramite terzi): scopo di ricorrere a contratti pluriennali per realizzare interventi di riqualificazione energetica a carico del contraente, il quale ammortizza i costi attraverso il risparmio ottenibile nel periodo di durata del contratto; formulazione di proposte di contratto ispirata al Project Financing; riduzione dei consumi di energia ed emissioni climalteranti.
- **Diagnosi energetica:** Predisposizione di procedure di diagnosi energetica con codici di calcolo dinamici, con utilizzo del software DOE2 in grado di elaborare i carichi termici dell'edificio su base oraria, i consumi energetici degli impianti e le temperature dei locali; individuazione di interventi di ottimizzazione e risparmio con valutazione dell'economicità degli stessi;
- **Formazione per le scuole**: percorsi di formazione agli usi corretti delle risorse naturali ed energetiche, al fine di orientare le abitudini ai consumi. Tali percorsi sono diversi e predisposti per le scuole elementari e medie con diversi gradi di coinvolgimento nei processi di Agenda 21 locale.
- **Informatizzazione dei dati territoriali:** Sviluppo di applicativi *GIS user-friendly*; supporto e formazione di base ai tecnici. Queste proposte vengono applicate alla pianificazione energetica, al piano di protezione civile, alla gestione del bosco e delle denunce di taglio.
- **Inquinamento luminoso e risparmio energetico nell'illuminazione:** realizzazione di *Piani d'illuminazione* secondo la L.R. 17/00; collaborazione con gli Osservatori astronomici e con gli Enti Parco per individuare le principali criticità presenti nel territorio di pertinenza; supporto nella stesura di appositi articoli del Regolamento Edilizio basati sulla L.R. 17/00; stesura di *Regolamenti per il miglioramento dell'illuminazione pubblica e privata esterna attraverso il risparmio energetico e l'abbattimento dell'inquinamento luminoso*; Realizzazione di studi di fattibilità per l'adeguamento, la sostituzione degli impianti luminosi secondo i criteri della L.R. 17/00 (Art. 6) in funzione della riduzione dell'inquinamento luminoso e dei consumi energetici; consulenza a privati per mettere a norma gli impianti luminosi ricadenti in aree considerate sensibili (ad esempio in prossimità di Osservatori).
- **Pianificazione energetica:** stesura di Piani Energetici Comunali (come previsto dall'articolo 5 della Legge 10/1991, comma 5) per Comuni con popolazione superiore a 50 mila abitanti (e non); attività di promozione e stesura di Piani Energetici Provinciali e preparazione del Piano Energetico Regionale.

- **Regolamento edilizio**: preparazione di uno schema utile per la stesura dei Regolamenti Edilizi comunali, elaborato sulla base del Regolamento tipo della Regione Lombardia con particolare attenzione ad aspetti energetici ed ambientali.
- **Sfruttamento energetico delle biomasse:** Valutazione del potenziale energetico delle biomasse; analisi territoriale e valutazione delle disponibilità di biomasse; studio di fattibilità di impianti di teleriscaldamento alimentati a biomasse; predisposizione delle richieste di finanziamento all'interno di bandi nazionali, regionali, locali.
- **Solare fotovoltaico:** Valutazione del potenziale energetico del solare fotovoltaico; studio di fattibilità di impianti di piccole e grandi dimensioni; definizione nell'ambito di appalti pubblici delle specifiche tecniche e del capitolato d'oneri; predisposizione delle richieste di finanziamento all'interno di bandi nazionali, regionali.
- **Solare termico:** Studi di fattibilità per l'installazione di pannelli solari termici; predisposizione delle richieste di finanziamento nell'ambito dei bandi regionali e statali.
- **Teleriscaldamento:** Esame delle infrastrutture energetiche presenti sul territorio; analisi della domanda e dell'offerta di energia; realizzazione degli studi di fattibilità per le reti di teleriscaldamento; predisposizione delle richieste di finanziamento all'interno di bandi nazionali, regionali, locali.
- **Verifica degli impianti termici**: collaborazione con alcune Amministrazioni Provinciali e Comuni per la stesura di "piani caldaie", riguardanti le campagne di controllo sull'esercizio e la manutenzione degli impianti termici, come stabilito dalla Legge 10/1991 – art. 31, 34 e 37.

### *2.6.2 – Costituzione dell'Agenda 21*

Nel corso del già citato Earth Summit di Rio de Janeiro (1992) fu adottata l'Agenda 21, un documento sottoscritto da tutti i Capi di Stato presenti, con cui si sanciva l'impegno di promuovere un piano di azione per il miglioramento della qualità della vita e per lo sviluppo sociale ed economico in armonia con l'ambiente. Essa rappresenta un piano a lungo termine a favore della sostenibilità sotto vari punti di vista: quello della produzione, del consumo, delle dinamiche demografiche, della conservazione e gestione delle risorse naturali, della protezione di atmosfera, oceani e biodiversità, della prevenzione della deforestazione etc. (17)

La necessità di un approccio globale al problema della sostenibilità sottende l'intero progetto Agenda 21, che è strutturato sul modello reticolare a livello nazionale, locale (Agenda 21 Locale) che sovranazionale, il cui scopo è coordinare gli interventi effettuati a livello locale, maggiormente gestibili e controllabili. L'Agenda 21 locale può quindi essere definita come un processo, condiviso da tutti gli attori presenti sul territorio (*stakeholder*), per definire un piano di azione locale che guardi appunto al 21° secolo.

A questo proposito, nel capitolo 28 del documento di Agenda 21, i leaders di tutto il mondo invitavano le autorità locali ad intraprendere il processo consultivo con i cittadini, cercando il loro consenso sul programma: "Ogni autorità locale deve aprire un dialogo con i propri cittadini, con le associazioni locali e con le imprese private ed adottare una Agenda 21 Locale. Attraverso la consultazione e la costruzione di consenso, le autorità locali possono imparare dalla comunità locale e dalle imprese e possono acquisire le informazioni necessarie per la formulazione delle migliori strategie. Il processo di consultazione può aumentare la consapevolezza delle famiglie sui temi dello sviluppo sostenibile. I programmi, la politica e le leggi assunte dalla

amministrazione locale potrebbero essere valutate e modificate sulla base dei nuovi piani così adottati. Queste strategie potrebbero essere utilizzate anche per supportare le proposte e per accedere a finanziamenti locali, regionali, nazionali e internazionali." (Ag 21. Capitolo 28)

L'Agenda 21 Locale, nata come documento, si configura come un processo che coinvolge i vari soggetti di una città – Amministrazione, mondo scientifico, cittadini, varie organizzazioni – nella definizione di un piano d'azione ambientale che doveva essere applicato entro il 2000 e degli strumenti necessari.

In Europa il documento chiave per la messa in atto dell'Agenda 21 è la **Decisione del Parlamento europeo e del Consiglio** (N° 2179/98/CE del 24 settembre 1998, pubblicata sulla GUCE del 10 ottobre 1998), che riguarda nello specifico il riesame del "Programma Comunitario di politica ed azione a favore dell'ambiente e di uno sviluppo durevole e sostenibile" (18), anche se l'impegno più concreto era già stato sancito durante la **Conferenza** organizzata ad **Aalborg** (Danimarca) nel 1994 sulle "città sostenibili"(19): la Carta degli impegni firmata dai partecipanti alla Conferenza prevedeva tra gli altri l'attuazione proprio dell'Agenda 21 Locale, di fondamentale importanza in quanto ha dato avvio, in moltissime città europee, ad azioni e politiche concrete coinvolgendo la cittadinanza. In questi casi l'Agenda 21 Locale è diventata l'occasione per il rilancio di programmi di rinnovo e riqualificazione nei centri e nelle periferie degradate.

Durante il recente Vertice Mondiale sullo Sviluppo Sostenibile (World Summit on Sustainable Development - WSSD), svoltosi a Johannesburg tra il 26 agosto e il 4 settembre 2002, è stato sottolineato ed enfatizzato il ruolo degli Enti locali a proposito dello sviluppo sostenibile, ed è stato sancito come obiettivo del prossimo decennio il passaggio da Agenda 21 ad Azione 21, ossia alla produzione di programmi ed azioni concrete e realistiche.

### *2.6.2.1 – Agenda 21 in Italia*

Il processo di Agenda 21 locale in Italia è stato concepito a livello comunale, e ad esso hanno aderito numerose amministrazioni comunali che hanno avviato con successo alcuni progetti di Agenda 21 sul proprio territorio. Un ulteriore impulso a questo andamento, già positivo dopo la sottoscrizione della Carta di Aalborg, deriva dalla costituzione del Coordinamento Nazionale Agende 21 locali, avvenuta a Ferrara nel 1998 e recentemente trasformato in Associazione. Questa riveste un ruolo di primo piano nel diffondere, valorizzare e monitorare le esperienze di Agenda 21 locale in corso e nel favorire la partnership e lo scambio di informazioni tra gli enti locali. Uno degli strumenti più efficaci a disposizione dell'Associazione è la divulgazione, presso tutti i comuni, le province e le regioni, della traduzione in italiano della Newsletter della Campagna europea città sostenibili (nata durante l'incontro di Aalborg del 1994), che contiene una sezione dedicata al nostro Paese.
Ulteriore stimolo allo sviluppo dell'Agenda 21 locale è costituito da un Manuale tecnico-operativo per lo sviluppo dei relativi processi (pubblicato nel 2000 dall'ANPA (20). Anche questo strumento, diffuso capillarmente, si è rivelato particolarmente utile per incentivare le amministrazioni a muoversi sulla via dello sviluppo sostenibile.

Le azioni concrete messe in atto dall'Italia (attraverso il Ministero dell'Ambiente) sono legate principalmente al co-finanziamento di progetti di Agenda 21 locale: con il Bando 2000 sono stati messi a disposizione di amministrazioni locali ed enti interessati 12,9

milioni di euro per un totale di 110 progetti, il 62% dei quali rappresentano appunto nuove esperienze e coinvolgono soggetti, risorse ed interessi prima estranei alla sperimentazione di questo tipo di processi. Un gruppo di lavoro è stato appositamente istituito al fine di monitorare i progetti finanziati, poi presentati nel loro stato di avanzamento durante un workshop tenutosi a Roma nell'aprile 2003 (21).

Il bando è stato riproposto anche nel 2002, con l'istituzione di due categorie distinte di interventi:

→ Sezione A: dedicata all'attivazione di nuovi processi di Agenda 21 locale (che costituiscono circa il 95% delle richieste pervenute)

→ Sezione B: per realizzazioni più "mature" ed avanzate del processo di Agenda 21 locale.

La forza di questo "programma di azione", così com'era stato concepito a Rio de Janeiro, consiste dunque nell'operare a livello locale al fine di sensibilizzare in modo diretto e concreto i soggetti coinvolti – principalmente le amministrazioni locali, ma anche i singoli cittadini – cercando di superare i problemi derivanti dalla difficoltà di "rivoluzionare" il modo di operare canonico attraverso la formazione, l'informazione, ma anche grazie ad incentivi e finanziamenti destinati a progetti realizzabili.

#### *2.6.2.2 – Agenda 21 di Como*

Per concretizzare quanto sottoscritto con la partecipazione alla Carta di Aalborg nel 1994, con una delibera del Consiglio Comunale in data 21 maggio 2002 (delibera n° 24) il Comune di Como ha avviato il processo di Agenda 21 locale, denominato Agenda 21 di Como (A21 Como).
Le prime fasi di tale procedimento sono state conformate a quanto deciso durante la "Conferenza europea sulle città sostenibili" e realizzate secondo le metodologie contenute nella "Guida europea all'Agenda 21 Locale" (ICLEI, 1995) e nelle "Linee guida per le Agende 21 Locali" (ANPA, 2000), aggiornate alle più recenti indicazioni pervenute a cura del Coordinamento Nazionale.
Per quanto riguarda le fasi esecutive di tale processo, l'Amministrazione Comunale si avvale della consulenza del Punto Energia di Como, che attualmente cura e gestisce questi processi.
L'attuazione delle prime fasi era prevista per il periodo maggio 2002 – ottobre 2003, e volte in particolare a raggiungere i seguenti obiettivi:

- **Realizzazione del primo "Rapporto sullo Stato dell'Ambiente locale" (RSA):** esso riveste un'importanza strategica, dal momento che costituisce una sorta di "fotografia" del territorio, delle sue caratteristiche e criticità. Dunque una raccolta di informazioni indispensabile per conoscere e misurare le alterazioni che l'ambiente subisce sotto la pressione delle attività dell'uomo, e per individuare i problemi per la cui risoluzione nel tempo devono essere programmate e condivise le azioni: il Rapporto sullo Stato dell'Ambiente valuta le attività e i comportamenti che determinano le pressioni, gli effetti sull'ambiente e stabilisce le priorità d'intervento (22).
- **Censimento delle azioni in corso (Piani, Programmi, Progetti) e definizione degli Obiettivi Locali di Sostenibilità**: raccogliere ed ordinare i piani e i programmi già esistenti che si sono posti lo sviluppo sostenibile locale come obiettivo prioritario è importante per conoscere quali strumenti di intervento siano già a disposizione, evitando così di sovrapporre nuove azioni ad azioni consolidate.
- **Costituzione e avvio di un Forum permanente** e indicazione preliminare delle sue attività (Piano d'Azione): esso costituisce uno strumento di programmazione

condivisa grazie al quale si cerca di ottenere la più ampia partecipazione locale alla programmazione e alle azioni;

- **Impostazione della "Banca dati" per il monitoraggio delle azioni e la valutazione delle tendenze**.

L'Agenda 21 di Como rappresenta il primo caso di avvio e di sviluppo del processo di Agenda 21 Locale in provincia di Como e vuole rappresentare un esempio concreto di trasferibilità e replicabilità rivolto a tutti gli Enti Locali della provincia.

## 2.7 – I Piani Energetici

Data l'importanza della questione energetica e climatica (due aspetti fondamentali e strettamente correlati), diventa preponderante il problema di gestire le risorse energetiche con consapevolezza e attraverso strumenti appositamente predisposti: sia con le leggi che con strumenti attuativi.
Per quanto riguarda in particolare questi ultimi, il Piano Energetico ai suoi vari livelli (nazionale, provinciale, comunale) va considerato uno strumento indispensabile per la programmazione dello sviluppo del territorio verso la sostenibilità economica, sociale ed ambientale, letto in chiave energetica. Nella trattazione riguardante questi documenti, si tralascia il Piano Energetico Nazionale, che si occupa della questione in una scala che interessa l'intera penisola, per soffermarsi invece sui Piani che coprono un territorio più circoscritto e possono influenzare maggiormente il processo progettuale.

### *2.7.1 – Il Piano Energetico Provinciale*

Il Piano Energetico Provinciale è un piano strategico realizzato dalla Provincia, che presenta un'analisi particolareggiata dell'utilizzo dell'energia nel territorio di sua competenza e dei possibili scenari futuri di intervento per la riduzione e la diversificazione della produzione di energia, con una particolare attenzione alle fonti rinnovabili – biomassa, solare, eolica - e al risparmio energetico in ogni settore di attività.
Nella sua redazione si prendono in considerazione da un lato lo scenario attuale e dall'altro quelli futuri ipotizzabili, introducendo in ciascuno di questi - in misura maggiore o minore - i meccanismi indotti dall'uso di fonti rinnovabili e dall'efficienza energetica.
La sua elaborazione è molto importante in quanto integra gli strumenti di pianificazione tradizionali, quali PRG, Regolamenti e Codici, permettendo una strategia energetica più efficace.

Partendo dalle analisi condotte sulle caratteristiche morfologiche, sociologiche e climatiche del territorio, è possibile stilare i bilanci - ambientale ed energetico - da cui far partire l'azione strategica mirata alla salvaguardia della risorsa energia nelle sue varie forme e nelle diverse attività, in cui essa è indispensabile.
Per questo tipo di analisi a tutto campo sul territorio provinciale si devono avere ben presenti i presupposti che hanno reso necessaria la stesura del piano: occorre infatti ricordare come il Piano Energetico, come strumento di governo del territorio e di salvaguardia dell'ambiente (nello specifico ambito energetico), nasce dalle riflessioni, effettuate internazionalmente nei vari Convegni e Conferenze degli ultimi vent'anni, sullo stato dell'ambiente e sulla necessità di una politica energetica comune e ben definita.
I primi capitoli del Piano dunque sono interamente dedicati a questo "Quadro di riferimento", che comprende riferimenti alle varie definizioni di "sviluppo sostenibile

fino alla descrizione del processo di Agenda 21 e degli impegni assunti in sede internazionale dal nostro Paese, da rispettare proprio attraverso le azioni del Piano Energetico (ad esempio il Protocollo di Kyoto e l'impegno ad esso connesso della riduzione dell'emissione di gas serra, possibile attraverso una corretta politica energetica su tutto il territorio nazionale).
Dopo una sezione in cui vengono citate la strategia europea al corretto utilizzo dell'energia e le relative leggi, con un approfondimento relativo alle vicende nazionali, che chiariscono e circoscrivono l'ambito di applicazione del piano e le sue iniziative, si entra nello specifico delle caratteristiche territoriali, sufficientemente particolareggiate per avere un quadro completo delle potenzialità e delle difficoltà intrinseche alla provincia in questione, sia dal punto di vista naturalistico e climatico, sia da quello socio-economico.

Da questo tipo di analisi e con tutti i dati a disposizione il Piano Energetico prende corpo nella stesura dei possibili interventi riguardanti settori quali le fonti rinnovabili, i trasporti e l'edilizia, ossia le principali attività imputate di essere le più impattanti sull'ambiente, nonché le più "energivore"; a questo corrisponde poi una sezione interamente dedicata alle azioni di piano, ossia ciò che concretamente il soggetto competente (in questo caso la Provincia) è chiamato a fare obbligatoriamente, o ciò che il Piano Energetico suggerisce o consiglia.
Quest'ultima parte è sicuramente la più interessante ed innovativa, in quanto prima della nascita di questi strumenti operativi appositamente pensati per la salvaguardia e il corretto utilizzo della risorsa energia, le azioni che perseguivano uno sviluppo sostenibile erano legate all'esperienza e alla volontà individuale dell'amministrazione comunale o della Provincia, rendendo ovviamente difficile la definizione e il perseguimento di obiettivi comuni. Date queste premesse appare chiara l'importanza di coprire l'intero territorio nazionale con tali Piani, obbligatori per le Province (mentre per i Comuni è obbligatorio solo se viene superata una determinata soglia demografica) e più legati alla realtà locale del superiore Piano Energetico Nazionale (di cui riprende obiettivi e modalità di raggiungimento degli stessi), e naturalmente meno complessi da stendere data la minor quantità di variabili da tenere in considerazione.

#### *2.7.1.1 – Il Piano Energetico Provinciale di Como*

Il Piano Energetico Provinciale di Como è attualmente lo strumento attuativo più recente e attento ai temi dello sviluppo sostenibile a disposizione dei professionisti del settore che operano sul territorio comasco. Nasce sulla falsariga del Piano Energetico Comunale, di cui aggiorna i dati e alcune sezioni direttamente legate al progresso della tecnica e delle tecnologie disponibili sul mercato.
Il Piano è stato redatto nel 2001 dal Punto Energia di Como per conto dell'Amministrazione comunale, grazie ai dati, relativi al 2001, forniti dagli studi dello stesso ***Punto Energia*** in collaborazione, tra gli altri, con:

- ***Università*** (Politecnico di Milano – Sede di Como), per la rilevazione e l'elaborazione delle informazioni su clima e natura,
- ***ISTAT***, per quanto riguarda le statistiche e l'aspetto socio-demografico,
- ***Regione Lombardia***, che ha fornito dati, su scala regionale, in particolare sull'atmosfera e l'inquinamento
- ***ACI*** di Como, per notizie su viabilità e traffico
- ***ENEL e GRTN,*** per dati relativi a consumi energetici nei vari settori di attività

- ***Amministrazione Provinciale di Como***, per le conoscenze riguardanti l'organizzazione dei servizi forniti sul territorio, attraverso cui migliorare l'utilizzo dell'energia nelle attività previste.

Dopo aver dettagliatamente descritto gli obiettivi concreti da raggiungere, posti dal Piano Energetico Nazionale (ad esempio l'accrescimento della produzione di energia elettrica fino a quote determinate da ottenere attraverso il contributo di energie rinnovabili quali quella eolica e fotovoltaica) o da Leggi e Decreti appositamente promossi dal Governo Italiano (la più interessante è sicuramente la già citata L. 10/91), il Piano di Como analizza lo stato di fatto del territorio sotto tutti i punti di vista che concorrono all'utilizzo – e a volte allo spreco – di energia. Questo risulta indispensabile per decidere le azioni più corrette da mettere in pratica, a cui è dedicata la sezione finale ed operativa del Piano: per una migliore lettura e comprensione le azioni sono illustrate sotto forma di schede sintetiche, che contengono

- gli obiettivi
- i soggetti promotori
- i destinatari
- i passi dell'azione

Le azioni possibili sono suddivise per settori e/o tipologie:

A. Edilizia pubblica e privata
B. Utilizzi elettrici pubblici e privati
C. Utilizzo delle fonti rinnovabili
D. Altri interventi

Entrando nello specifico del primo punto, riguardante in particolare il settore delle costruzioni, le schede contemplate sono in particolare rivolte alla riduzione del consumo energetico negli edifici e all'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, fortemente consigliate. Esse sono:

A.1. Campagna di controllo degli impianti termici
A.2. Diagnosi e certificazione su edifici pubblici
A.3. Contratti di fornitura dei servizi energetici per gli edifici pubblici
A.4. Installazione di sistemi di regolazione e contabilizzazione dei consumi energetici
A.5. Deroghe ai regolamenti edilizi negli interventi di riqualificazione energetiche
A.6. Raffrescamento passivo degli edifici
A.7. Interventi di coibentazione in edifici di vecchia costruzione
A.8. Interventi sulle superfici vetrate di edifici di vecchia costruzione

La particolarità e l'innovazione contenuta nel Piano qui descritto consiste nell'affiancare a tali iniziative concrete una campagna di propaganda e di informazione/formazione presso i soggetti coinvolti (siano essi operatori di settore o cittadini/utenti) per incentivare il risparmio energetico ottenibile in ogni settore. Questo avviene attraverso campagne di sensibilizzazione effettuate grazie all'apporto dei media e previste dall'Agenda 21, a Como abbastanza attiva e coordinata anch'essa dal Punto Energia, quali ad esempio:

- giornate di formazione rivolte agli operatori
- azioni di divulgazione nelle scuole di ogni ordine e grado
- diffusione di materiale informativo e propedeutico al risparmio energetico

A fianco di queste iniziative si pone anche quella, altrettanto significativa, di promuovere la realizzazione sul territorio provinciale di architetture a basso consumo energetico (o addirittura consumo energetico nullo), con possibilità di integrare in esse tecnologie e sistemi di ultima generazione, con lo scopo di incentivare l'individuazione e la realizzazione di sistemi innovativi di produzione energetica. Si sottolinea così anche in questo strumento operativo la necessità di divulgare, attraverso esempi concreti e architetture-pilota, i risultati ottenibili dall'utilizzo appropriato delle fonti energetiche rinnovabili, e i vantaggi per l'uomo e per l'ambiente che ne derivano.

### *2.7.2 – Il piano energetico comunale (PEC)*

Con la Legge10/91 gli Enti locali vengono coinvolti direttamente nella gestione energetica del territorio, ampliando così il ruolo e le competenze delle regioni. In particolare con l'art. 5 comma 5, si stabilisce che i Piani Regolatori Generali dei Comuni con popolazione superiore a 50mila abitanti debbano prevedere uno specifico piano a livello comunale relativo all'uso delle fonti rinnovabili di energia, ossia un Piano Energetico Comunale (PEC). Tuttavia è consigliabile che tutti i Comuni se ne dotino, dal momento che la valorizzazione e il corretto uso delle fonti energetiche sono attività fondamentali nella pianificazione del territorio, indipendentemente dai fattori di scala.
Nonostante questo passo in avanti rispetto alla legislazione esistente in materia energetica, la legge non specifica quali debbano essere le modalità ed i contenuti del PEC, ma solamente che cosa deve intendersi per "fonte energetica rinnovabile" o assimilata, precisando che l'utilizzazione di tali fonti di energia deve essere considerata di pubblico interesse e di pubblica utilità e che le opere relative devono essere equiparate alle opere dichiarate indifferibili e urgenti ai fini dell'applicazione delle leggi sulle opere pubbliche.
In ogni caso l'elaborazione di un PEC deve partire da considerazioni di carattere ambientale e tenere presenti gli impegni assunti in sedi internazionali sulla questione dello sviluppo sostenibile: primo tra tutti il protocollo di Kyoto, adottato dalla stragrande maggioranza delle Nazioni durante la Conferenza di Kyoto (1997). Ad esempio va sottolineato come la razionalizzazione dei consumi di energia, che deriva anche da un minor consumo delle fonti energetiche convenzionali (spesso non rinnovabili), contribuisca a ridurre le emissioni dei cosiddetti gas serra, e dunque a rispettare gli impegni assunti.
Se il primo obiettivo di un Piano Energetico Comunale deve essere quello di dettare le regole per la razionalizzazione dell'uso dell'energia e la diffusione delle fonti rinnovabili sul territorio di competenza, esso può essere perseguito attraverso diverse azioni, tra cui ad esempio:

- Programmazione di infrastrutture tecnologiche in grado di produrre e distribuire vettori energetici e servizi ad elevata efficienza (cogenerazione e microcogenerazione, teleriscaldamento, teleraffrescamento, ecc.) a livello comunale;
- Promozione di iniziative pubbliche, private o a capitale misto nei settori produttivi legati all'energia (considerando sia la produzione di beni che la produzione di servizi), e quindi la creazione di nuovi posti di lavoro;
- Realizzazione di uno schema di sviluppo energeticamente sostenibile che diventi elemento di base per un successivo passaggio dalla pianificazione energetica comunale alla pianificazione energetica comprensoriale.

La sua stesura è del tutto simile a quella necessaria per un Piano Energetico Provinciale, con la ovvia differenza che i dati da considerare per le analisi e l'individuazione delle azioni da mettere in atto per raggiungere gli obiettivi, sono relativi alla realtà più circoscritta del territorio provinciale. Gli interventi previsti dovranno perciò scendere di scala rispetto a quelli del Piano Provinciale, essere più dettagliati e strettamente legati alla situazione comunale.

***2.7.2.1 – Il Piano Energetico Comunale di Como***

A Como il Piano Energetico Comunale è stato predisposto nel 1996 dal Centro di Cultura Scientifica "Alessandro Volta" (23), ed è stato utilizzato come base per la stesura del recente (e più completo) Piano Energetico Provinciale. Prendendo in considerazione il territorio comunale esso si suddivide in sette capitoli, a partire da contenuti più generici per arrivare a temi specifici riguardanti l'utilizzo delle fonti energetiche. In particolare i capitoli sono così articolati:

1.Quadro di riferimento e obiettivi della pianificazione energetica comunale
2.Caratteristiche territoriali, climatologiche, socio-economiche e infrastrutturali
3.Configurazione del sistema energetico territoriale
- Offerta delle fonti energetiche
- Domanda energetica
- Bilancio energetico comunale
- Indicatori di efficienza energetica
4.Bilancio ambientale
5.Fonti energetiche rinnovabili e assimilate
- Energia solare
- Energia eolica
- Energia idraulica
- Energia da rifiuti/reflui
- Energia dall'ambiente
- Energia da rifiuti liquidi
- Uso razionale dell'energia e risparmio energetico
6.Valutazione del potenziale energetico delle fonti rinnovabili e assimilate
- Valutazione del potenziale reale
- Valutazione del potenziale energetico dell'energia solare
- Valutazione del potenziale energetico dell'energia eolica
- Valutazione del potenziale energetico dell'energia idraulica
- Valutazione del potenziale energetico dell'energia da rifiuti/reflui
- Valutazione del potenziale energetico dell'energia dall'ambiente
- Valutazione del potenziale energetico dell'energia da biomasse
- Uso razionale dell'energia termica ed elettrica
- Analisi della convenienza economica
7.Scenari energetici

Nella stesura il gruppo di lavoro ha tenuto conto delle indicazioni contenute nel Piano Energetico Regionale, con il quale il Piano in oggetto era tenuto a correlarsi, oltre ovviamente agli obiettivi posti dal Piano Energetico Nazionale (1998) e alle leggi relative all'utilizzo dell'energia nelle sue varie forme e nei settori competenti (24).
In prima istanza vengono specificati gli obiettivi che il Piano stesso si prefigge, che possono essere così riassunti:
- razionalizzazione dei consumi, in particolare nei settori residenziale, terziario, agricolo, e dei trasporti

- diversificazione delle fonti tradizionali e sostituzione con fonti rinnovabili
- uso di fonti, tecnologie, competenze e servizi energetici locali
- imitazione delle infrastrutture energetiche, dell'inquinamento ambientale, degli usi energetici non compatibili con la politica di gestione del territorio
- sostegno alla creazione di servizi energetici locali di nuova occupazione o conversione di occupazione preesistente, alle politiche energetiche regionali, nazionali o comunitarie, ad altre pianificazioni comunali, a domande di altri servizi collegati agli usi energetici.

Le azioni contemplate dal Piano sono sviluppate attraverso tre diverse fasi, concatenate l'una all'altra: la prima è **conoscitiva**, in cui si delinea il quadro di riferimento e lo stato di fatto del territorio comunale dal punto di vista energetico, per poter poi passare alla seconda fase, relativa alla **elaborazione delle strategie e del bilancio energetico**. Infine vengono presentate delle **proposte di azioni di intervento** al Piano Energetico, mirate al raggiungimento degli obiettivi sopra esposti.
Dopo l'esplicazione dei principali obiettivi energetici il Piano presenta due sezioni ulteriori, composte da schede finali che riassumono le azioni predisposte in seguito all'analisi effettuata, e da una schedatura degli edifici del patrimonio comunale particolarmente significativi per quanto riguarda l'utilizzo delle fonti energetiche nelle varie forme. È interessante notare come tali edifici siano in prevalenza appartenenti all'edilizia diffusa, costituendo così un esempio concreto di applicazione di criteri sostenibili anche ad interventi di dimensioni ridotte.

Molto interessante appare la sezione dedicata alla descrizione delle risorse rinnovabili che possono essere utilizzate con successo nei vari settori, a sostituzione di fonti energetiche non rinnovabili, più dispendiose e poco sostenibili. In particolare il capitolo 5.1 analizza approfonditamente le potenzialità dell'energia solare, e le tecnologie di impiego della stessa: captatori solari a bassa temperatura e celle fotovoltaiche per la conversione diretta, di cui si descrivono il funzionamento, le prestazioni, eventuali limitazioni e l'impatto ambientale che generano. Questa sezione costituisce un'apertura di grande importanza verso le fonti rinnovabili, che vengono chiaramente esposte ai progettisti e agli operatori competenti che possono così esserne messi a conoscenza, spronandoli all'utilizzo delle stesse nei progetti inseriti nel contesto comunale.
A fianco dell'analisi puramente tecnica offerta viene sviluppato un capitolo sull'analisi economica delle tecnologie e delle strategie prima descritte, in cui si cerca di considerare l'effettiva convenienza delle stesse rispetto a soluzioni tradizionali. Il progettista ha così tutti i dati necessari per verificare sotto tutti gli aspetti se è possibile seguire o meno quanto suggerito dal Piano.
Le soluzioni appositamente prospettate sono comunque varie, a partire dalle tecnologie più avanzate come appunto collettori solari o impianti fotovoltaici, fino ad arrivare a suggerimenti progettuali attuabili con più facilità come per esempio tecniche costruttive che impediscono le dispersioni (ad esempio rivestimenti a cappotto o inserimento nelle murature di strati spessi di materiale isolante, o la predisposizione di contropareti interne che di fatto ostacolano i flussi energetici in uscita, etc.), che possono essere di grande e concreta utilità. Questo tipo di accorgimento, più legato alla dimensione del progetto, è quanto effettivamente manca nella visione, ovviamente più a grande scala, del Piano Energetico Provinciale, di cui questo Piano Comunale costituisce un naturale completamento.

---

**Note**

(1) I singoli sottoprogrammi tematici, appartenenti al ramo CE del Programma sono i seguenti:

1) **Qualità della vita e gestione delle risorse biologiche**.
- Stanziamento**:** 2,413 miliardi di euro
- Obiettivo: Migliorare i sistemi sanitari, sviluppare l'agroindustria e promuovere l'uso sostenibile delle risorse naturali.

2) **Società dell'informazione di facile uso**.
- Stanziamento: 3,600 miliardi di euro
- Obiettivo: Sviluppare le tecnologie dell'informazione al servizio dei cittadini.

3) **Crescita competitiva e sostenibile**
- Stanziamento: 2,705 miliardi di euro
- Obiettivo: Contribuire all'istituzione di un'industria europea competitiva e di un sistema di trasporti sostenibili, favorendo nel contempo una produzione efficace e di qualità.

4) **Energia, ambiente e sviluppo sostenibile**.
- Stanziamento: 2,125 miliardi di euro (di cui 975 milioni a favore dell'energia nucleare)
- Obiettivo : Contribuire ad affrontare le sfide ambientali e conciliare lo sviluppo economico e la sostenibilità ambientale.

(2) La durata del Progetto era di quattro anni, dal 1998 al 2002, articolato in quattro fasi:
1. fase di progettazione edilizia
2. fase di cantiere sperimentale
3. fase di monitoraggio energetico - ambientale
4. fase di divulgazione dei risultati

Attualmente solo le prime due fasi sono state effettivamente completate, mentre è stata avviato il monitoraggio degli edifici, da cui sarà possibile valutare effetti ed efficacia delle tecniche e tecnologie impiegate nella costruzione e i risultati ottenuti in diversi campi, tra cui anche quello socio-economico. Solo successivamente sarà possibile predisporre le linee guida necessarie a far diventare tale metodologia di progetto e realizzazione una prassi corrente nelle Nazioni Europee.

(3) THERMIE appartiene, insieme ad altri programmi tra cui SAVE e ALTERNER, ai Programmi RDT del V° Programma Quadro dell'Unione Europea, attraverso cui quest'ultima intende supportare le azioni innovative che stimolino un uso più razionale dell'energia e la produzione di tecnologie che utilizzino fonti energetiche rinnovabili.

(4) I targets energetici posti come obiettivo erano i seguenti: consumo annuo di riscaldamento inferiore a 15 $kWh/m^2$ e consumo totale (riscaldamento, acqua calda, illuminazione etc.) inferiore a 42 $kWh/m^2$.

(5) Le città aderenti al progetto RESTART sono: Barcellona (Spagna), Glasgow (Inghilterra), Grand Lyon (Francia), Torino (Italia), Rotterdam (Olanda), Copenhagen (Danimarca), Porto (Portogallo) and Dublino (Irlanda). I progetti previsti dalle città sono: nuovi quartieri residenziali a Barcellona, Rotterdam e Dublino; il recupero di un ambito urbano di inizio secolo a Copenhagen e Glasgow, ambiti di centro storico a Porto, il parco tecnologico ambientale a Torino, nuove abitazioni sociali a Lyon.

(6) Le cooperative per l'abitazione in questione vengono coinvolte in qualità di attuatori degli interventi. Ad affiancarle è previsto un gruppo internazionale di esperti che forniscono consulenze nei vari ambiti. Le cooperative per l'abitazione sono:
- Consorzio CCI-casa soc.coop. ar.l (Teramo, Italia)
- Consorzio di iniziative e Promozione dell'edilizia Sociale (Venezia, Italia)
- Consorzio Bresciano per l'Edilizia Economico Popolare (Italia)
- Consorzio provinciale abitazioni Lavoratori Cristiani di Bologna (Italia)
- Consorzio Organizzazione e Promozione Edilizia Sociale (Pesaro, Italia)
- OPAC 38 – Office d'Amenagement et de Construction de l'Isere (Grenoble, Francia)
- RINGGAARDEN (Arhus, Danimarca)
- NORBICETA-União Cooperativas de habitação, UCRL (S.Mamede Infesta, Portogallo)
- FENACHE, Federazione nazionale portoghese delle cooperative di abitazione.

Il gruppo internazionale di esperti che affianca tali cooperative è composto da:
- Ricerca & Progetto – Galassi, Mingozzi e associati (Bologna, Italia)
- INBAR – Istituto Nazionale di Bioarchitettura (Italia)
- CSTB – Centre Scientifique et Technique du Batiment – (Sophia Antipolis, Francia)
- La Calade (Sophia Antipolis, Francia)
- IASA-NKUA – Nazional and Kapodistrian University of Athens (Grecia)
- IDMEC – Instituto de Engenharia meccanica, Università di Porto (Portogallo)
- CARL BRO (Risskov, Danimarca)

(7) La ripartizione dei finanziamenti previsti dalla Regione Lombardia tra alcuni progetti esclusi precedentemente dai finanziamenti statali, in questo bando è stata così effettuata:

| **LOMBARDIA - IMPIANTI AMMISSIBILI** | | | |
|---|---|---|---|
| **PROPONENTE** | **LUOGO D'INSTALLAZIONE** | **POTENZA (kW)** | **CONTRIBUTO PUBBLICO (MINISTERO+REGIONE)** |
| Provincia di Sondrio | Convitto Nazionale | 20 | € 108.455,95 |
| ASM Pavia | Edificio Via Donegani 21 | 19.8 | € 107.412,71 |
| Comune di Sondrio | Piscina comunale | 17.28 | € 94.232.73 |
| Provincia di Lodi | Scuola "Novello" | 20 | € 108.455,95 |
| Provincia di Cremona | Scuola "Ala Cimino" | 3.64 | € 21.856,46 |
| Provincia di Cremona | Tettoia-voliera Centro visite | 2.64 | € 15.850,06 |
| Comune di Rodigo | Centro Sportivo | 20 | € 108.455,95 |
| Comune di Pavia | Edificio Via Folperti | 3.3 | € 19.811,29 |
| **TOTALE** | | **106.66** | **€ 584.531,10** |

Tab. 3 – Ripartizione dei finanziamenti della Regione Lombardia

(8) La ripartizione dei finanziamenti alle varie Regioni e Province autonome, avvenuta sulla base del numero degli abitanti, è la seguente:

| **REGIONE** | **FINANZIAMENTO IN LIRE** | **FINANZIAMENTO IN EURO** |
|---|---|---|
| **Piemonte** | L. 1.463.158.302 | Euro 755.658,20 |
| **Valle d'Aosta** | L. 39.426.632 | Euro 20.362,16 |
| **Lombardia** | L. - | Euro - |
| **Sardegna** | L. 560.513.960 | Euro 289.481,30 |
| **Prov. aut. Bolzano** | L. 149.802.022 | Euro 77.366,29 |
| **Prov. aut. Trento** | L. 152.979.604 | Euro 79.007,37 |
| **Veneto** | L. 1.489.762.386 | Euro 769.398,06 |
| **Friuli-Venezia Giulia** | L. 407.286.107 | Euro 210.345,72 |
| **Liguria** | L. 570.047.384 | Euro 294.404,90 |
| **Emilia-Romagna** | L. 1.032.841.030 | Euro 533.417,88 |
| **Toscana** | L. 1.200.416.448 | Euro 619.963,36 |
| **Umbria** | L. 276.076.542 | Euro 142.581,63 |
| **Marche** | L. 486.024.769 | Euro 251.010,85 |
| **Lazio** | L. 1.748.068.072 | Euro 902.801,82 |
| **Abruzzo** | L. 424.761.446 | Euro 219.370,98 |
| **Molise** | L. 112.528.011 | Euro 58.115,87 |
| **Campania** | L. 1.914.669.733 | Euro 988.844,39 |
| **Puglia** | L. 1.371.109.096 | Euro 708.118,75 |
| **Basilicata** | L. 207.620.132 | Euro 107.226,85 |
| **Calabria** | L. 704.006.728 | Euro 363.589,13 |
| **Sicilia** | L. 1.688.901.598 | Euro 872.244,88 |
| **Totale** | **L. 16.000.000.000** | **Euro 8.263.310,39** |

Tab. 4 – Ripartizione dei finanziamenti alle Regioni e Province Autonome

(9) I più recenti bandi regionali che finanziano interventi solari - termici sono i seguenti:

- **Regione Liguria**: Bando 2003-2004 con scadenza 14 ottobre 2003. La Giunta regionale, con il provvedimento n° 691 adottato nella seduta del 20/06/2003, ha approvato il bando e la relativa modulistica concernente la presentazione delle domande di contributo, per la realizzazione di interventi d'installazione di impianti solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria, riscaldamento delle piscine, riscaldamento degli ambienti, destinando risorse per complessivi € 588.809,80. Il bando è rivolto a tutti i soggetti pubblici o privati, proprietari dell'immobile oggetto dell'intervento o comunque autorizzati dal proprietario stesso, e prevede un contributo in misura del 20% - 25% del costo di investimento ammesso, non inclusivo dell'IVA o, in misura fissa e pari al 25% qualora il costo ecceda il valore del costo massimo riconosciuto dal programma. In ogni caso il contributo totale non può superare la somma massima di € 25.000,00 ad intervento.
- **Regione Toscana**: Bando aperto senza limiti temporali, le domande vengono finanziate in funzione della disponibilità di fondi che vengono periodicamente stanziati dalla Regione per perseguire gli obiettivi individuati nel Piano Energetico Regionale. Negli ultimi anni le cifre stanziate sono state le seguenti: 21 milioni di € (quarantuno miliardi di lire) nel 2001 e 18 milioni di € (trentacinque miliardi di lire) nel 2002. Lo scopo di tali finanziamenti è quello di sviluppare la produzione di energia da fonti rinnovabili. Tali fondi, grazie a una contribuzione media del 30%, hanno attivato investimenti per quasi 71 milioni di € (137,2 miliardi di lire) nel 2001 e quasi 40 milioni di € (116 miliardi di lire) nel 2002. Il programma corrente relativo ai finanziamenti per impianti solari (e fotovoltaici) è delegato alle Aziende energetiche provinciali: Lo sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili sarà incentivato nel 2003 attraverso nuove fonti di finanziamento che porterà nel periodo 2003-2006 quasi 26 milioni di €; nuovi fondi regionali andranno a favore dell'installazione di pannelli solari termici e fotovoltaici, mentre risorse del fondo unico per l'industria andranno ad incentivare la produzione e l'utilizzo di fonti di energia rinnovabile nelle imprese.
- **Regione Marche:** il bando si è concluso il 17 marzo 2003.
- **Regione Friuli Venezia Giulia:** bando chiuso il 30 settembre 2003.
- **Regione Piemonte:** il bando 2003-2004 si è concluso il 14 novembre 2003, e permetteva un contributo massimo dell'ordine del 30% del costo massimo dell'investimento.
- **Regione Umbria:** bando chiuso il 30 maggio 2003.
- **Regione Veneto:** bando chiuso il 2 ottobre 2003.

(10) Responsabile del Centro Nazionale di Architettura Bioclimatica dell'ENEA (Ente Nazionale per le nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente). Ha coordinato inoltre il Settore Edilizio per la Conferenza Nazionale Energia e Ambiente (CNEA – 25-28 novembre 1998, Roma).

(11) La Conferenza europea si tenne ad Aalborg, in Danimarca, dal 24 al 27 maggio 1994, sotto il patrocinio congiunto della Commissione Europea e della città di Aalborg, e fu organizzata dal Consiglio Internazionale per le iniziative ambientali locali (ICLEI). Il progetto della Carta di Aalborg è stato elaborato dall'ICLEI e dal Ministero per lo Sviluppo urbano e i trasporti dello Stato Federale della Renania del Nord-Westfalia, e rispecchia idee e contributi dei diversi partecipanti. Esso è stato esaminato da oltre 600 partecipanti, suddivisi in 36 gruppi di lavoro, ed è stata firmata inizialmente da 80 amministrazioni locali europee e da 253 rappresentanti di organizzazioni internazionali, governi nazionali, istituti scientifici, consulenti e singoli cittadini. Con la firma della Carta le città e le regioni europee si impegnano ad attuare l'Agenda 21 a livello locale e ad elaborare piani d'azione a lungo termine

per uno sviluppo durevole e sostenibile, nonché ad avviare la campagna per uno sviluppo durevole e sostenibile delle città europee.

(12) Tratto da “Carta delle Città Europee per uno sviluppo durevole e sostenibile” (Carta di Aalborg), Parte II (“La Campagna delle città europee sostenibili”).

(13) I primi aderenti al Codice Concordato sono stati i Comuni di: Antrodoco, Avezzano, Bassano del Grappa, Bologna, Bracciano, Brescia, Capena, Carpi, Castel Maggiore, Catania, Cattolica, Cava dei Tirreni, Ceglie Messapica, Colle di Torre, Como, Cosenza, Este, Faenza, Firenze, Fiorentino, Fossano, Foligno, Ferrara, Livorno, Lesina, Minerbio, Modena, Mondovì, Moncalieri, Molfetta, Monselice, Macerata, Morlupo, Mondragone, Manfredonia, Montenero di Bisaccia, Montecorice, Marsala, Ozzano, Perugia, Pisa, Portici, Padova, Portofino, Rimini, Rocca di Papa, Roma, Santa Margherita Ligure, Taranto, Terracina, Salerno, S. Ferdinando di Puglia, Valenza, Verona, Vezzano Ligure, Crotone. Successivamente si sono aggiunti: Bugnara, Carapelle, Castel di Sangro, Guardiagrele, Manoppello, Navelli, Ortucchio, Pescosansonesco, Roccamontepiano, Trasacco. Inoltre vi aderiscono le Regioni Basilicata, Lombardia, Liguria, Piemonte, Abruzzo; la provincia de L’Aquila; le seguenti Amministrazioni Pubbliche ed Enti di Interesse: Ministero dell’Ambiente, Ministero dei Lavori Pubblici, Comunità Montana Penisola Amalfitana, MICA, IACP di Ancona, Chieti, L’Aquila, Brescia, Napoli; Consulta Autonoma Toscana dell’Industria Edilizia, CGIL, CNA, CNI, ENEA, ENEL, AICARR, IN/ARCH, ANCE, ANCI, Associazione Industriale Rimini, AIAPP, INU, A.R.T.E.

(14) Il Comune di Faenza, aderente al Codice Concordato, ha reso operativo nel maggio 1998 il nuovo Piano Regolatore, in cui sono previsti incentivi per opere di bioarchitettura. L’innovazione presente nel Piano è legata a incentivi volumetrici e di superficie utile che incrementino l’indice edificatorio minimo, e che sono destinati a progetti conformi a direttive volte al rispetto dell’ambiente. A fronte di uno standard edificatorio minimo definito dalla norma, è ammissibile una quota incrementale per chi si attiene ad ulteriori regole di compatibilità ambientale. In particolare, gli incentivi di edificabilità variano da un incremento del 5% della superficie utile in aree a verde privato, all’ampliamento volumetrico del 20% per zone urbane residenziali miste. Con questa iniziativa si sono accelerati i tempi necessari per la sensibilizzazione culturale di progettisti e committenti, oltre a creare un interesse economico, facilmente misurabile, per la costruzione di edifici in un’ottica di risparmio energetico, di rispetto per l’ambiente e della qualità architettonica del prodotto edilizio. L’esperienza-pilota di questo Comune ha influenzato la struttura volontaristica del Codice Concordato, presentato ufficialmente qualche mese dopo.

(15) Il bando di gara era relativo alla realizzazione di interventi sperimentali di edilizia sovvenzionata inseriti nell’ambito dei programmi di recupero urbano. Il bando disponeva di finanziamenti pari a 300 miliardi di lire (art.2, comma 63, lettera b) della Legge del 23 dicembre 1996 n.662 “Misure di razionalizzazione della finanza pubblica”) collegati alla Finanziaria. Con la legge Finanziaria del 1999 tali fondi furono incrementati di altri 300 miliardi di lire.

(16) Se nel caso del comune livornese l’attuazione dei principi del Codice Concordato è stata affidata al noto progetto dei Contratti di Quartiere, con il fine di riqualificare e recuperare le parti più degradate del tessuto urbano, nel comune di San Ferdinando di Puglia gli strumenti utilizzati sono stati i PEEP.

(17) Agenda 21 è un documento di intenti ed obiettivi programmatici su ambiente, economia e società sottoscritto da oltre 170 paesi di tutto il mondo. Tale documento è formato da 40 capitoli e suddiviso in 4 sezioni: dimensioni economiche e sociali,

conservazione e gestione delle risorse per lo sviluppo, rafforzamento del ruolo delle forze sociali e strumenti di attuazione.

(18) Questo programma è anche definito “Quinto Programma Quadro a favore dell’ambiente”: fu approvato dalla Commissione nel 1992 e dal Consiglio l’anno successivo. In seguito all’incontro internazionale di Rio de Janeiro con l’introduzione dell’Agenda 21, e all’allargamento dell’Unione Europea a Stati con politiche ambientali diverse e spesso più rigorose, tale Programma è stato sottoposto a verifica al fine di individuare ed eliminare gli ostacoli nell’attuazione e nel raggiungimento degli obiettivi prefissati. Nello specifico il Programma prevede nuovi approcci alla politica ambientale europea (tra cui appunto l’Agenda 21), ponendo le basi per uno sviluppo innovativo rispetto alle precedenti azioni comunitarie.

(19) Vedi punto (2). Oltre alla Conferenza di Aalborg, sono stati organizzati altri incontri internazionali: a Lisbona nel 1996, quattro conferenze regionali tra il 1998 e il 1999 (Turku – Finlandia, Sofia – Bulgaria, Siviglia – Spagna, L’Aia – Paesi Bassi), a Hannover (Germania) nel febbraio 2000.

(20) ANPA: Associazione Nazionale per la Protezione dell’Ambiente, con sede a Roma. Si occupa di attività tecnico scientifiche di interesse nazionale di protezione dell’ambiente, di indirizzo e coordinamento tecnico nei confronti delle Agenzie regionali e delle Province autonome per la protezione dell’ambiente – ARPA – istituite con la Legge n. 61 del 1994, art.3, nonché di consulenza e supporto tecnico-scientifico al Ministero dell’Ambiente e ad altre Amministrazioni e Enti pubblici (tramite convenzioni).

(21) Il workshop era denominato “Agenda 21 locale: dalla teoria alla pratica" e si è tenuto a Roma l’8 e il 9 aprile 2003. L'iniziativa, organizzata dalla Direzione per lo sviluppo sostenibile, ha rappresentato la fase più significativa del programma di monitoraggio dei progetti di Agenda 21 locale co-finanziati con il bando del 18.12.2000. Vi hanno partecipato 87 Amministrazioni locali, le Regioni, con 17 delegati in rappresentanza di 10 Amministrazioni regionali, alcuni enti pubblici (Comuni, ARPA, Enti di ricerca, ecc.) e privati (società di consulenza, liberi professionisti, ecc.). L’obiettivo era il superamento delle criticità incontrate nell'attuazione dei progetti, attraverso la condivisione delle esperienze maturate.

(22) Il documento “Rapporto sullo Stato dell’Ambiente” è una sorta di diagnosi della "salute" economica, sociale e ambientale del territorio locale, utile a comprendere i problemi e a misurarli. È necessario individuare a questo proposito i temi da approfondire nella loro realtà locale e quindi le aree di intervento in cui il processo di Agenda 21 Locale può agire. Di seguito si riporta un esempio delle possibili aree tematiche da indagare nel Rapporto:

| **AREE DI INTERVENTO DI AGENDA 21 LOCALE** | |
|---|---|
| ARIA | Emissioni e qualità |
| CLIMA E CAMBIAMENTI CLIMATICI | Stato e tendenze |
| ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE | Quantità, qualità, usi plurimi, depurazione |
| SUOLO E SOTTOSUOLO | Rischio idrogeologico, dissesti, inquinamento |
| PAESAGGIO E NATURA | Verde naturale o urbano, aree protette, biodiversità |
| ENERGIA | Servizi locali, produzione, consumo, fonti rinnovabili |
| RIFIUTI E SOSTANZE | Produzione, recupero, smaltimento, impatti |

| PERICOLOSE | |
|---|---|
| MOBILITA' E TRASPORTI | Trasporti pubblici e privati, gestione emergenze |
| INQUINAMENTO ACUSTICO, ELETTROMAGNETICO E LUMINOSO | Livelli ed esposizione |
| STRUTTURA URBANA ED EDILIZIA | Popolazione e pianificazione urbanistica |
| ATTIVITA' ECONOMICHE | Industria, terziario, servizi, turismo |
| QUALITA' DELLA VITA | Salute, cultura, istruzione, divertimento, libertà |
| SERVIZI SOCIALI | Anziani, malati, disabili, immigrazione, accesso ai servizi |

Tab. 5 – Aree di intervento di Agenda 21 Locale

In particolare, a seguito della stesura del Rapporto sullo Stato dell'Ambiente le azioni concrete possibili saranno mirate a riesaminare i seguenti strumenti attuativi sulla base di quanto ricavato dal Rapporto stesso:

→ Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale;

→ Piano Regolatore Generale comunale, Piano Urbano del Traffico, Piano Energetico Comunale, Zonizzazione acustica o elettromagnetica;

→ Piani, programmi e progetti di singoli Assessorati;

→ Piani, programmi e progetti di Associazioni di categoria (economiche e sociali);

→ Progetti di ricerca di Enti/Istituti/Università;

→ Piani Regionali di Sviluppo, di Risanamento (es. aria), per Aree protette e biodiversità, ecc. (per le aree di specifico interesse), Documenti di programmazione finanziaria economica;

→ Piani di Bacino;

→ Altri casi ritenuti rilevanti

(23) Il Centro di Cultura Scientifica "Alessandro Volta" ha sede a Villa Olmo (Como). In particolare il gruppo di lavoro che ha steso il Piano Energetico Provinciale appartiene al Settore Ambientale ed era così composto:

- Responsabile di Progetto: Giancarlo Chiesa
- Coadiuvato da Giuliano Dall'O'
- Coordinatore Operativo: Giovanni Bartesaghi

I collaboratori erano:

- Dott.ssa Sara Lanfranconi (Centro Volta)
- Luca Bracchitta (Centro Volta)
- Damiano Cataluppi (Scasi S.n.C.)
- Dott. Ing. Luca Sarto (Politecnico di Milano)
- Arch. Michela Pina (Detraco Srl Mi)

I rapporti con l'Amministrazione Comunale di Como e con l'Azienda Comasca Servizi Municipali (A.C.S.M.) sono stati favoriti dal Geom. Martino Ascoli (Comune di Como – Ufficio Tecnico) e dall'Ing. Angelo Briccola (A.S.C.M.).

L'A.C.S.M., delegata dalla Giunta Municipale di Como ha incaricato il Centro di Cultura Scientifica "Alessandro Volta" di predisporre il Piano Energetico Provinciale, con delibera n. 115/97 del 17 aprile 1997 regolato da apposita convenzione firmata dalle parti in data 1 luglio 1997.

(24) Le leggi direttamente o indirettamente utilizzate nella stesura del Piano Energetico Comunale sono:

- Legge 10/91
- Legge 9/91

- D.P.R. 412/93
- D.M. 12/12/1993
- D.M. 6/8/1994
- D.M. 16/5/1995

# BIBLIOGRAFIA


## Monografie

AA.VV.,
(1998) *Conferenza nazionale energia e ambiente: Itinerario italiano di incontri per lo sviluppo sostenibile: novembre 1998*, ENEA, Roma.

AA.VV.,
(1999) *European local agenda 21 planning guide-How to engage in long-term environmental action planning towards sustainability* (tr. It. di Stefano Pareglio, *Guida europea all'agenda 21 locale : La sostenibilità ambientale: linee guida per l'azione locale*, Fondazione Lombardia per l'ambiente, Milano).

Bruno Stefano,
(2002) *Progettazione bioclimatica e bioedilizia : manuale di architettura per edifici e impianti ecocompatibili. Seconda edizione integrata con i contenuti del Codice concordato con l'analisi completa di un nuovo progetto di ristrutturazione e con considerazioni medico - scientifiche sull'abitare sano*, Il sole-24 ore, Milano.

Chiesa Giancarlo, Dall'O' Giuliano,
(1996) *Risparmio energetico in edilizia. Criteri e norme*, Masson, Milano.

## Riviste

Ferrari Marino,
(2003) "Fotovoltaico realizzazioni-finanziamenti", *Frames*, n. 103, pp. 28-33.

Gallo Cettina,
(1998) "Il Codice Concordato", *Edilizia Popolare*, n. 257-258, pp. 105-109.

Scotto Roberta,
(2002) Tetti fotovoltaici regione per regione, Energia solare FV, n. 6, novembre-dicembre, pp. 10-12.

Pauschinger Thomas,
(2002) "Impianti solari: come e perché", *Energia solare FV*, n. 6, novembre-dicembre, pp.64-72.

## Siti Internet

http://www.minambiente.it

http://www.minambiente.it/Sito/settori_azione/iar/FontiRinnovabili/bandi_decreti/decreti/dm_16_03_01.asp

http://www.minambiente.it/Sito/settori_azione/iar/FontiRinnovabili/bandi_decreti/bandi/bando_tf.asp

http://www.ilsolea360gradi.it/2002/dicembre2002.htm

http://www.puntoenergia.com

# 3

# LA RESIDENZA SOSTENIBILE

## 3.1 – Importanza della residenza sostenibile

Alla luce dello stato di salute del nostro pianeta e del suo progressivo peggioramento, da attribuire anche alle attività umane, è necessario riorganizzare le strategie di sviluppo sulla base del concetto di "sostenibilità". Considerando il notevole impatto ambientale che l'architettura ha sull'ambiente, sia in termini di inquinamento che di sfruttamento di risorse, per lo più non rinnovabili, è necessario riconsiderare la disciplina sulla base di nuovi target energetici e di una rinnovata qualità ambientale, da attuarsi anche attraverso l'uso di risorse energetiche rinnovabili e non in contrasto con l'ambiente.
Nonostante questi presupposti siano ormai comuni, l'impatto delle attività umane in generale e dell'architettura in particolare non accenna a diminuire, anzi se possibile in alcuni casi è addirittura aumentato, favorito dall'introduzione di tecnologie sempre più innovative ma anche notevolmente invasive o "energivore".

All'interno del comparto edilizio esistono inoltre dei consumi che potremmo considerare quasi "fisiologici", indispensabili per garantire il corretto funzionamento dell'edificio e il comfort degli utenti, che contribuiscono in modo determinante a questa situazione: tra questi il più significativo è quello relativo al riscaldamento, cui corrisponde un inquinamento dell'atmosfera per l'immissione di gas serra ($CO_2$ principalmente). A questo proposito è al settore residenziale che va ascritta la principale responsabilità, data la sua diffusione e l'obsolescenza a cui è abbandonata la gran parte degli edifici. Secondo le più recenti statistiche il settore abitativo infatti assorbe oltre il 30% dei consumi energetici totali, percentuale costante in Italia come in Europa e nel resto del mondo, introducendo nell'aria tonnellate di anidride carbonica che favoriscono appunto l'effetto-serra.
La misura preventiva ideale per limitare i danni relativi a questo tipo di inquinamento sarebbe quella di ridurre drasticamente le emissioni migliorando l'efficienza energetica, contribuendo così alla riduzione di combustibili fossili. Questo è importante soprattutto nel parco edilizio residenziale, ossia quello che più degli altri incide sui consumi energetici totali e che risulta essere il più obsoleto: è difficile infatti che in esso vengano introdotte le innovazioni di varia natura (morfologiche, tipologiche ma soprattutto tecnologiche) disponibili sul mercato e mirate al risparmio energetico, al minor impatto ambientale o all'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili in sostituzione dei combustibili fossili.
Questo può essere dovuto a diversi fattori, analizzati più approfonditamente nel Capitolo 1, tra cui va sottolineato quello economico: l'introduzione di tecnologie particolarmente innovative nel settore residenziale è solitamente in ritardo rispetto alla disponibilità delle stesse sul mercato, in quanto esse necessitano di investimenti iniziali piuttosto consistenti, il cui ritorno economico risulta essere diluito troppo negli anni (e tale per cui queste soluzioni, per quanto interessanti dal punto di vista della ricerca scientifica e della relativa sperimentazione, non sono competitive rispetto a quelle tradizionali, per quanto queste ultime siano meno "sostenibili") e dunque non conveniente. Inoltre è più facile trovare i capitali necessari in settori quali quello terziario o industriale, favoriti anche dal fatto che spesso le nuove tecnologie risultano più vantaggiose, sia in termici

economici che di efficienza, se applicate su dimensioni consistenti – cosa spesso impossibile nella realtà residenziale italiana ed europea. Esse inoltre permettono un ritorno di immagine che determina un valore aggiunto per l'edificio e dunque per il suo proprietario.
Alla luce di queste considerazioni appare chiaro come sia necessario uno sforzo, da parte soprattutto dei progettisti, per fare in modo che anche il settore residenziale possa costituirsi come un terreno fertile per la sperimentazione di tecnologie mirate alla correzione e alla riduzione del consumo energetico degli edifici, particolarmente accentuato proprio nell'architettura diffusa residenziale. Può essere utile la diffusione delle stesse in progetti-pilota, esempi concreti e realizzati di abitazioni in cui le tecnologie sono state integrate con successo, perché facciano da traino ad iniziative simili, portando così alla diffusione capillare di una mentalità progettuale ambientalmente sostenibile.

Nel nostro Paese il controllo del consumo di energia non rinnovabile negli edifici è attuato principalmente mediante la **limitazione delle dispersioni termiche** (secondo i limiti fissati dalla Legge 10/91 e successivi Decreti Attuativi), il **controllo dell'irraggiamento solare** e della **ventilazione**. Sempre secondo la normativa vigente il fabbisogno energetico dell'edificio dovrebbe essere coperto in parte anche da fonti rinnovabili o simili. A questo fine è stata introdotta, anche se non è ancora resa obbligatoria, la Certificazione Energetica per gli edifici di nuova costruzione, attraverso cui sarà possibile eseguire un controllo più dettagliato sui consumi energetici effettivi del fabbricato, così come del singolo alloggio. L'introduzione di questa misura di controllo imporrebbe ai progettisti il rispetto di standard ambientali oggi per lo più disattesi (tranne laddove l'etica o la necessità di sperimentare nuove soluzioni lo impone), costituendo così un ulteriore mezzo per raggiungere l'obiettivo di costruire architetture sostenibili nel quotidiano.

## 3.2 – Interpretazione della sostenibilità nel settore residenziale

Prima di considerare i casi studio realizzati o progettati, occorre individuare con chiarezza quali sono le caratteristiche proprie di un insediamento residenziale considerato "sostenibile", lette in particolare attraverso le principali politiche messe in atto nei Paesi del Vecchio Continente a questo proposito. Solo in questo modo è possibile infatti contestualizzare gli esempi proposti e comprenderli nelle diverse sfaccettature che presentano, verificando così anche dal punto di vista teorico quello che si intende per "sostenibilità nella residenza". Come infatti è già stato sottolineato, in mancanza di una vera propria definizione del concetto, occorre riferirsi alle esperienze concrete per delineare il campo di applicazione dello stesso. In questo modo si identificano gli elementi concreti del fare architettura (che spaziano da tecnologie vere e proprie a modalità costruttive) che contribuiscono all'ottenimento di un parco edilizio eco-compatibile e rispettoso dell'ambiente così come dell'utenza. Elencando uno dopo l'altro tali elementi è possibile tracciare delle linee guida per chi vuole cimentarsi nella realizzazione di un'abitazione (o di un edificio in genere) con caratteristiche di sostenibilità, che seguono principalmente la strada intrapresa dall'architettura bioclimatica e dallo sviluppo delle nuove tecnologie al servizio dell'ambiente, affiancate, come già descritto nel Capitolo 2, da opportune leggi ed incentivi fiscali che permettono una migliore e più capillare diffusione tra gli operatori del settore.

### *3.2.1 – Le politiche europee sulla residenza sostenibile*

In Europa non è stata ancora delineata una strategia comune riguardo la sostenibilità dell'architettura, e in particolare del settore residenziale, nonostante spesso, durante le conferenze internazionali, sia stata ribadita l'importanza di operare a livello sovranazionale per ottenere risultati concreti e benefici su larga scala. Le difficoltà da superare per raggiungere tale obiettivo sono le medesime che impediscono la diffusione capillare di esempi di architettura eco-compatibile, e possono essere ricondotte principalmente alla impossibilità di dare una definizione chiara, netta ed unica di "sostenibilità" nel settore edilizio, con tutto quello che consegue a questa deficienza: in questo modo il significato del termine (e dunque la sua stessa applicazione) è soggettivo, può variare da Paese a Paese, e a volte addirittura a livello locale si possono notare notevoli differenze nella considerazione del concetto di "architettura residenziale sostenibile" e nella predisposizione di un metodologia progettuale valida che persegua l'obiettivo comune di costruire case con basso impatto ambientale. Da una parte questa differenziazione può essere positiva, in quanto riesce ad adeguarsi meglio di una applicazione universale alle sfaccettature che la realtà impone a tutti i livelli, favorendo in questo modo la diffusione di espedienti, materiali, tecniche e tecnologie proprio dove questi possono massimizzare i propri risultati.
Forse questa potrebbe essere la strada ideale da percorrere per ottenere e diffondere la cultura della sostenibilità a tutti i campi dell'architettura (e soprattutto a quello solitamente trascurato del residenziale), ossia avere un obiettivo comune cui puntare, ma con la possibilità di differenziare le modalità con cui raggiungerlo, a seconda delle potenzialità e caratteristiche di ciascuno Stato. Da questo si deduce come sia di fondamentale importanza quindi dotarsi di una vera e propria metodologia progettuale flessibile ed adattabile alle situazioni, piuttosto che di una guida quasi manualistica a cui attenersi in modo prescrittivi e poco creativo: in questo modo si garantisce infatti la base migliore su cui operare anche delle evoluzioni che tengano l'architettura e chi la progetta al passo coi tempi sotto ogni punto di vista. Prima però di arrivare a definire questa metodologia occorre prendere "atto dello stato di fatto" attuale, ossia di come già oggi le Nazioni Europee (a cui restringiamo il campo di questa ricerca, ma ovviamente anche tutti gli altri Paesi del mondo sono o dovrebbero essere coinvolti e considerati) affrontano il problema.
Per analizzare quindi nel migliore dei modi la politica europea sulla sostenibilità in particolare della residenza occorre affidarsi alle strade intraprese singolarmente dai Paesi membri dell'Unione maggiormente avanzati sul piano appunto della ecocompatibilità di questo settore dell'architettura.

Rimandando al Capitolo 2 le leggi e le raccomandazioni espressamente emanate dall'Istituzione dell'Unione Europea, è interessante notare come esse sono state recepite, applicate o arricchite dai singoli Membri, anche in funzione dei risultati che si intendeva ottenere. Ad una prima analisi, come si è già avuto modo di sottolineare, le Nazioni più avanzate da questo punto di vista sono senza dubbio quelle del Nord Europa, in cui il fine di rispettare l'ambiente anche in architettura si manifesta con soluzioni innovative o tecnologicamente avanzate che mirano per lo più al risparmio energetico e all'ottimizzazione delle risorse energetiche da fonti rinnovabili (principalmente dal sole), pur rispettando e perseguendo il comfort degli utenti. Utilizzando fondi e concorsi indetti dall'Unione Europea questi Paesi, spesso sfavoriti dalle condizioni climatiche (da cui dipendono in molti casi le tecnologie che utilizzano energia alternativa), hanno ottenuto risultati molto interessanti e costituiscono l'avanguardia che traina tutte le esperienze simili nel nostro Continente. Questo anche grazie al fatto che le sperimentazioni, oltre ad essere sostenute da un apparato normativo molto attento alle questioni ambientali, sono per lo più attuate nei settori più "deboli", e cioè l'architettura residenziale e diffusa.

Il comune denominatore che sembra accomunare tutti gli interventi considerati appunto "sostenibili" è l'attenzione al **risparmio energetico** e al **guadagno ambientale**, aspetti questi che comportano vantaggi anche per l'uomo, oltre che per l'ecosistema: in particolare l'aspetto economico, che molto spesso sancisce o meno il successo di una soluzione tecnologica sulla base della sua concorrenzialità sul mercato.
Tra gli Stati membri dell'Unione Europea vengono qui riportati i casi dell'Olanda e della Germania, in quanto considerati emeblematici per le caratteristiche diverse che portano alla definizione di edifici sostenibili: possono quindi essere considerati due modi opposti eppure integrabili per giungere al medesimo obiettivo: la sostenibilità dell'intervento residenziale, specialmente di nuova costruzione.

#### *3.2.1.1 - Il caso olandese*

Uno dei Paesi Europei più all'avanguardia è sicuramente l'Olanda, che ha spesso partecipato a Programmi o iniziative dell'Unione Europea, sviluppando così un vasto parco edilizio con caratteristiche di sostenibilità tali da essere considerati esempi-guida a livello europeo.
Qui costruire in modo sostenibile è considerato ormai una pratica "normale", imparata sui banchi di scuola e sul campo da tutti, a partire dagli utenti, consapevoli del valore aggiunto dell'edificio realizzato tenendo conto del risparmio energetico e dell'introduzione di energie rinnovabili. Tale pratica è quindi un'azione diffusa oltre che strategica e di lunga durata, da inquadrare all'interno della politica ambientale messa a punto fin dagli anni Ottanta del secolo scorso, subito dopo la pubblicazione del Rapporto Bruntland (1987).
In realtà già qualche anno prima erano stati studiati dei piani di risparmio energetico, cui erano seguite delle sperimentazioni per la conservazione e l'uso di fonti energetiche in edilizia (che influenzeranno tutti i grandi interventi di recupero effettuati successivamente in Europa); nel 1990 il Governo Olandese ha inaugurato, all'interno dei Piani Nazionali di Politica Ambientale (NMP e NMP Plus) una linea politica particolarmente sensibile al costruire rispettando l'ecosistema, che non individuava con chiarezza i requisiti che gli edifici dovevano possedere per essere annoverati tra quelli "sostenibili", ma si affidava alla soggettività e alla volontà dei responsabili, e favoriva l'innovazione tecnica (i "pacchetti" di tecnologie sostenibili) e la diffusione capillare della sperimentazione sul territorio.
Quello che ha reso questa mentalità vincente è sicuramente stato il fatto di aver posto delle solide basi, punto di forza della politica olandese, costituite proprio dall'apparato normativo. A partire dai Piani Nazionali di Politica Ambientale, in particolare da quello denominato NMP Plus, il Governo ha predisposto un vero e proprio piano di edilizia sostenibile a livello nazionale, con la consapevolezza che la sostenibilità intesa come diffusione di pratiche e tecniche ecologiche negli edifici residenziali così come in qualsiasi altro edificio deve necessariamente partire dall'utente, dal "gradino più basso della scala": questo viene garantito dall'integrazione di soluzioni tecniche innovative semplici e complesse, di cui l'utente deve sapersi occupare e deve riconoscere come parte integrazione dell'ambiente costruito (e non semplicemente mezzi attraverso cui ottenere risparmio energetico fine a sé stesso). A questo proposito era necessario incentivare la domanda di tali tecnologie, così da stimolare contemporaneamente anche l'offerta produttiva, in modo da posizionare sul mercato e rendere così sempre più disponibili pacchetti di tecnologie edilizie e impianti "sostenibili": pacchetti cosiddetti "di base", ossia comuni (ad esempio uso di materiali ecologici, di ventilazione controllata, riuso di acqua calda o produzione di acqua calda dal sole, etc.), sia più "avanzati", che utilizzano tecnologie quali sistemi fotovoltaici, finestre intelligenti, vetri a controllo solare, ventilazione naturale e bilanciata, demotica etc.

Infine molto importante è lo sviluppo di un sistema di indicatori sintetici e di tecniche di monitoraggio delle prestazioni ambientali ed energetiche degli edifici, in modo da controllare in ogni momento la rispondenza prestazionale reale con i requisiti impostati a livello progettuale.

Nonostante l'esperienza olandese sia una delle più interessanti a livello europeo, ha comunque qualche piccolo svantaggio, da ascrivere principalmente al fatto che la maggior parte degli edifici coinvolti nella sperimentazione sono di piccola o media dimensione, raramente si tratta di insediamenti residenziali, o scolastici, o comunque adibiti ad altre funzioni, e dunque con una ridotta complessità funzionale, come invece solitamente è nella nostra realtà urbana.

### *3.2.1.2 – Il caso tedesco*

In Europa un altro Paese può essere considerato tra i più all'avanguardia per quanto riguarda le tecnologie volte al risparmio energetico e all'utilizzo di energie rinnovabili in edilizia: la Germania. Diversamente dal caso precedente, la Nazione tedesca ha privilegiato l'aspetto della ricerca e della relativa sperimentazione, in particolare relativamente all'energia solare, rispetto a quello normativo che costituiva la base della politica energetica ed ambientale olandese: basti pensare come qui sia presente il più esteso parco fotovoltaico di tutto il continente europeo, con oltre 50 Megawatts installati, per un totale di 35 milioni di KW prodotti, nonché una superficie di pannelli solari termici di circa mezzo milione di metri quadrati, che costituisce da sola oltre il 50% dell'intera dotazione europea. Questo contribuisce inoltre alla creazione e al sostentamento di un "mercato del solare", se così si può chiamare, da quasi un milione di Euro all'anno (ma destinato a triplicarsi, secondo le stime più recenti, entro il 2010).
Tutto questo è possibile solo grazie allo straordinario sviluppo della ricerca solare, che trova terreno fertile in una Nazione come la Germania che ospita, vicino a Friburgo – nella Germania Sud-occidentale – il maggiore Istituto di ricerca europeo sul solare, l'ISE – Insitute for Solar Energy (1) – che si occupa di effettuare ricerche sulle tecnologie in grado di produrre in modo efficiente energia, pur essendo "ambientalmente compatibili", e di studiare componenti, materiali, sistemi o processi che sfruttino al meglio l'energia solare nelle applicazioni termiche, ma che possano anche essere utilizzate in edifici solari; oppure di studiare a fondo tecnologie già conosciute ma di cui possono essere individuate nuove caratteristiche, potenzialità, usi: una su tutte, quella fotovoltaica.
Per sottolineare ancora una volta l'importanza di questo tipo di ricerche nella politica energetica tedesca, basta considerare come, sempre a Friburgo, siano installate istituzioni quali l'ISES – l'associazione mondiale dei tecnici dell'energia solare – l'ICLEI – istituto di ricerca e documentazione sullo sviluppo sostenibile – l'Őko-Institut – Istituto Ecologico nato con il movimento ecologista e oggi centro molto autorevole di competenze e consulenze in materia ambientale.

Data la specializzazione della Germania nelle questioni del solare in edilizia, appare evidente come gli sforzi di questa Nazione verso una definizione di "architettura – o residenza – sostenibile" siano indirizzati verso l'impiego di tecnologie tra le più avanzate, che sfruttino l'energia del sole per il funzionamento dell'edificio e per garantire così, oltre al comfort per l'utente, un guadagno economico. Dunque anche gli incentivi a livello nazionale e locale (caso emblematico a questo proposito è senz'altro la città di Friburgo) sono principalmente volti a favorire l'installazione di sistemi solari quali collettori o fotovoltaico su edifici singoli o su insediamenti, piuttosto che preoccuparsi di pianificazione energetica effettuata su scala più ampia: ad esempio

l'Azienda energetica municipale FEW di Friburgo (FreiburgerEnergie und Wasserversorgungs AG) garantisce notevoli agevolazioni a chi voglia installare sul proprio edificio collettori solari e apparecchiature ad esse complementari, quali sistemi di regolazione o dispositivi di accumulo, pari a 230 €/mq come contributo per l'installazione per il solare termico, e pari a 1200 €/mq per il fotovoltaico. I destinatari di tali contributi possono essere indifferentemente privati – per installazione dunque su edifici residenziali – così come da titolari di imprese e istituzioni pubbliche – per interventi su edifici comunali. Le risorse necessarie a questi finanziamenti sono ottenute mediante un prelievo straordinario di 0,3 €cent/kWh sui consumi elettrici per usi domestici.
Al fine inoltre di diffondere maggiormente l'installazione e la distribuzione di queste tecnologie, apparentemente così poco conosciute, il governo tedesco ha messo a disposizione dei singoli cittadini (e in questo caso pare chiara l'analogia con il pensiero olandese che vedeva come estremamente necessario il coinvolgimento in prima persona degli utenti) una consulenza gratuita per la progettazione di tali sistemi e la valutazione dei preventivi, il tutto corredato da un'adeguata campagna informativa.

Dai due casi qui esposti è possibile iniziare a tracciare una prima conclusione. Le modalità e le strade da intraprendere per ottenere edifici efficienti eppure rispettosi dell'ecosistema – e di chi li abiterà – possono essere estremamente diverse e nascere da eventi contingenti, necessità, capacità e caratteristiche diverse e peculiari di ogni Paese. Non è possibile per questo dire quale approccio sia il più corretto, ma è fondamentale avere una panoramica delle possibilità, in modo tale da sapere operare le scelte corrette sulla base delle situazioni che di volta in volta si presentano al progettista. È inevitabile come quest'ultimo sia influenzato dal "background culturale" fornitogli dal proprio Paese, dalla propria cultura, tuttavia la conoscenza di realtà e di approcci diversi da quelli da sempre considerati può talvolta costituire un importante stimolo allo sviluppo di nuove soluzioni, innovative e creative.

### *3.2.2 – Risparmio energetico e impatto ambientale: il contributo dell'architettura bioclimatica*

Dato che l'architettura è una disciplina concreta, reale, potremmo definirla quasi "tattile", deve mantenersi tale  anche nel suo essere rispettosa dell'ambiente, avvalendosi di espedienti, elementi, materiali, tecnologie altrettanto concreti e realizzabili. Molti passi in avanti sono stati fatti a questo proposito grazie allo sviluppo (iniziato ormai decenni fa) e al perfezionamento dell'architettura bioclimatica, introdotta e approfondita nel Capitolo 1 (2): con la recente "riscoperta" dei vantaggi di un edificio costruito con criteri bioclimatici, dal punto di vista del comfort come dell'impatto ambientale, rispetto ad uno caratterizzato dalla massiccia presenza della tecnologia più avanzata, la ricerca e la sperimentazione hanno potuto in questo senso elaborare soluzioni innovative ma efficaci per la realizzazione di edifici eco-compatibili.
Sulla base degli accordi internazionali e dei vari progetti varati dalla Commissione Europea in materia di approccio sostenibile all'architettura, uno dei settori specifici e maggiormente all'avanguardia dell'architettura bioclimatica è sicuramente quello relativo alla realizzazione di involucri a comportamento bioclimatico, che predispone e favorisce l'introduzione di soluzioni tecnologiche appositamente studiate per l'edilizia corrente: nonostante infatti la bioclimatica sia un concetto introdotto per la prima volta negli anni Settanta, ampiamente studiato e diffuso, può in alcuni casi essere considerata troppo vincolante e lontana dai canoni progettuali abituali, e pertanto rifiutata (o non considerata in fase progettuale come metodologia da utilizzare). In questo caso

l'introduzione di singole tecnologie nell'edilizia diffusa può essere una soluzione accettata più di buon grado sia dagli operatori di settore che dall'utenza.
Tuttavia l'architettura bioclimatica non può e non deve essere assimilata esclusivamente alle tecnologie di cui si serve, in quanto sarebbe come snaturarne il significato, molto più complesso, di "architettura che ottimizza le relazioni energetiche con l'ambiente naturale circostante attraverso le scelte tecno-tipologiche che la caratterizzano" (3). Il grande contributo di questa branca dell'architettura si materializza quindi nel regolare, rispettando l'ecosistema e trasportando parte delle sue caratteristiche e del suo "funzionamento" nella pratica del costruire, i flussi energetici che intercorrono tra il manufatto artificiale dell'edificio e quanto lo circonda, cioè l'ambiente. Questo risulta essere di grande importanza specialmente in questo momento, in cui si è alla ricerca di modi ed espedienti che portino ad un notevole risparmio di energie non rinnovabili (spesso molto impattanti: su tutti i combustibili fossili, ancora diffusissimi per via del rapporto convenienza – efficienza, ancora oggi più alto che quello di altre fonti alternative), senza per questo modificare radicalmente le tradizioni costruttive: le scelte tecnologiche e tipologiche che caratterizzano la bioclimatica possono fare la differenza in questo senso, anche se presuppongono conoscenze e competenze specifiche che non sempre chi opera nel settore ha. Questo è ancora oggi un grave problema e un ostacolo da superare, soprattutto considerando che le decisioni maggiormente influenti sul comportamento energetico degli edifici vanno effettuate già nella fase euristica, ossia nella primissima fase di progettazione, pena il rischio di non rispondere correttamente ai problemi con soluzioni applicate a posteriori, e quindi non perfettamente integrate a ipotesi già definite.

Le soluzioni tecno-tipologiche maggiormente utilizzate (e più facilmente integrabili nella nostra realtà di Paese mediterraneo) riguardano per lo più la possibilità di impostare correttamente il rapporto con il clima e sfruttare al meglio gli apporti gratuiti del sole, per riscaldare gli ambienti, per illuminarli e garantire comfort e salubrità a chi li abita, in modo da garantire risparmio energetico e basso impatto ambientale: tra questi si cita la **localizzazione del manufatto**, studiata anche sulla base dell'**orientamento** e del **percorso del sole**, per garantire un adeguato soleggiamento; l'applicazione di tecnologie e materiali che favoriscono **il controllo della radiazione solare**, aspetto particolarmente importante in regioni soleggiate come il Sud dell'Europa; oppure che siano in grado di **aumentare l'isolamento** e di conseguenza **limitare al minimo le dispersioni termiche** durante la stagione invernale, limitando così la necessità di riscaldamento; l'utilizzo di **vegetazione** come elemento inserito nel progetto che favorisce una migliore integrazione con l'ambiente e che comporta molti vantaggi anche a livello microclimatico; fino ad arrivare alle soluzioni impiantistiche più innovative, ma anche più costose e difficilmente inserite in progetti di architettura residenziale senza opportuni incentivi, quali **sistemi fotovoltaici**, che sfruttano l'energia solare per trasformarla in energia elettrica, e **sistemi solari** quali collettori, che contribuiscono all'economia dell'edificio producendo acqua calda sanitaria ed eventualmente riscaldamento.
Questi sono i principali accorgimenti che vengono utilizzati nella progettazione di un edificio "bioclimatico", ma possono anche essere ritrovati singolarmente negli edifici, a seconda degli obiettivi che il committente intende raggiungere con il progetto. In ogni caso appare chiaro, anche scorrendo i casi studio presentati nel paragrafo successivo, come essi possano contribuire moltissimo ad una definizione più completa di "residenza sostenibile", da plasmare in funzione delle caratteristiche locali e delle necessità dell'utenza.

## 3.3 – I casi studio

### *3.3.1 – Scelta e trattazione dei casi*

I casi studio presentati nelle prossime schede sono stati scelti tra progetti, realizzati e non, in diversi Paesi dell'Unione Europea, al fine di rappresentare una panoramica sufficientemente esaustiva delle architetture cosiddette "sostenibili" nel nostro continente.
La scelta è avvenuta attraverso alcuni criteri:
- **Presenza nel progetto di tecnologie o paradigmi progettuali volti alla sostenibilità dell'intervento** → per rientrare nel novero dei casi studio le architetture dovevano essersi distinte per il loro carattere di "sostenibilità", diversamente coniugato a seconda dell'obiettivo che l'intervento stesso si poneva. Nella maggior parte dei casi la concretizzazione di tale concetto si è concentrata su aspetti di attenzione al risparmio energetico (con l'integrazione di tecnologie quali pannelli solari e fotovoltaici), minimizzazione dell'impatto ambientale (ad esempio riduzione emissioni di $CO_2$ e gas serra) e soprattutto sfruttamento intensivo di fonti energetiche rinnovabili.
- **Data di progetto o realizzazione** → sono stati presi in considerazione i progetti più recenti, a partire dall'anno 2000 (con rare eccezioni di progetti risalenti al massimo a uno-due anni prima, in quanto considerati particolarmente significativi), al fine di garantire un'omogeneità di condizioni, imprescindibile per operare un confronto tra esempi. Inoltre questa scelta risulta obbligata nel caso di edifici costruiti con tecnologie particolarmente sofisticate ed innovative, (come nella maggior parte dei casi studio) per verificare quanto queste si integrino nei progetti abitativi di nuova costruzione, ed eventualmente analizzare le cause di una scarsa applicazione delle stesse, nonostante la disponibilità e la provata efficienza.
- **Partecipazione a progetti di ricerca o finanziamenti** (Nazionali o Europei) → la partecipazione a programmi o finanziamenti di diversa natura (o la non partecipazione) permette di comprendere meglio quale sia l'effettivo ruolo di tali sovvenzioni nello scenario di un'edilizia eco-sostenibile: se senza queste le realizzazioni sarebbero comunque state possibili oppure no, e soprattutto quanto la ricerca tecnologica del settore riesca ad influire effettivamente sulle nuove costruzioni.

I casi studio scelti vengono presentati attraverso delle schede, in modo da riconoscere facilmente le caratteristiche di ciascuno e da poter condurre delle comparazioni tra i diversi esempi. Essi sono costituiti da interventi residenziali di diversa natura e soprattutto appartenenti a Paesi e condizioni (climatiche, economiche, sociali) differenti, di cui occorre tener conto nella valutazione degli stessi.

Le schede relative ai casi studio sono costituite da tre parti:
- **Dati dell'intervento** → in questa sezione vengono schematicamente riassunti le principali informazioni relative all'intervento, quali date, luoghi, nominativi di progettisti e responsabili etc.
- **Descrizione e caratteristiche** → l'intervento viene presentato attraverso una breve descrizione degli aspetti architettonici, tipologici, tecnologici ed eventualmente economici che lo compongono, con accenni a eventuali programmi o finanziamenti che l'hanno reso possibile.
- **Concetto di sostenibilità** → Il paragrafo evidenzia schematicamente quali criteri e quali tecnologie sono stati utilizzati nella stesura del progetto e nella sua realizzazione al fine di raggiungere gli obiettivi previsti di sostenibilità.

**SCHEDA 1 – QUARTIERE RESIDENZIALE A MODENA**

**DATI DELL'INTERVENTO**

**DENOMINAZIONE:** Zona P.E.E.P. n°51 "Cognento" – zona elementare n°1560.

**CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO:** Progettazione di un quartiere residenziale ecosostenibile (basso impatto ambientale, risparmio energetico e risparmio delle risorse primarie - l'acqua)

**COMMITTENTE:** Immobiliare Clelia.

**LUOGO:** Modena (Italia).

**DATA:** Adozione del progetto da parte del Consiglio Comunale: delibera consiliare n°187 del 23 dicembre 1999.
Approvazione: delibera consiliare n° 106 del 27 luglio 2000.
Completamento previsto entro il 2003.

**PROGETTISTI E PIANIFICATORI:**
**Settore Pianificazione Territoriale:**
Dirigente di Settore: Arch. Marco Stancari
Dirigente Responsabile di Unità Specialistica: Ing. Loris Benedetti
Progettista: Arch. Irma Palmieri
Consulente esperta di Progettazione Bioecologica: Arch. Emilia Costa
Aiuto progettista: Elena Alietti; Roberto Asirelli, Pietro Santi, Anna Tavoni

**Settore Casa e Insediamenti Residenziali:**
- Dirigente di Settore: Dr.ssa Gianfranca Vitale
- Dirigente Responsabile di Unità Specialistica: Arch. Andrea Reggianini
- Geometra Claudio Coltellacci

**COLLABORATORI:**
**Settore Risorse e Tutela Ambientale :**
- Dr. Alessandro Annovi
- Claudio Santini
- Dr. Daniele Bertoni
- Elisa Rigolon
- Ing. Alessandra Piani
- Massimo Gibertini
- Silvia Degli Esposti
- Dr. Piero Remitti

**Settore Urbanizzazioni**
- Ing. Mario Ciaccia
- Arch. Nicola Rispoli

**Settore Viabilità e Trasporti**
- Arch. Giorgio Castelli
- Arch. Alessandro Di Loreto
- Geom. Marco Bellei

**Settore Edilizia e Attrezzature urbane:**
Arch. Fabrizio Lugli

**Agenzia per l'Energia e Sviluppo Sostenibile**
- Dr. Marcello Antinucci
- Dr. Michele Stortini

**Meta s.p.a.**
**Arpa**

---

## DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE

La progettazione dell'intervento è avvenuta attraverso un lavoro multidisciplinare cui hanno partecipato:
- i settori comunali interessati (Pianificazione territoriale, Risorse e tutela ambientale, Casa e insediamenti residenziali, Viabilità e trasporti, Urbanizzazioni, Edilizia e attrezzature urbane)
- alcuni uffici esterni (Agenzia energia e Sviluppo sostenibile, l'Agenzia municipalizzata META s.p.a., Agenzia regionale per l'ambiente, Dott. Maurizio Giannotti, progettista dell'impianto di fitodepurazione delle acque)
- alcuni soggetti privati.

L'area di progetto si trova a Cognento, nucleo rurale nei pressi di Modena: una tipica area d'espansione, priva di identità, isolata dal centro urbano da tre infrastrutture a scorrimento veloce: l'autostrada A1, la tangenziale cittadina e la strada Modena-Sassuolo.

Fig.14 – Foto aerea del sito prima dell'intervento (giugno 2001)

L'area destinata al PEEP, ubicata lungo la via Jacopo da Porto Sud, si estende per circa 118000 mq di cui una parte è destinata all'intervento pubblico ed una a quello privato.

Gli alloggi previsti sono 220 (pubblici e privati) per 700 abitanti circa ed una superficie abitativa massima di 22000 mq, più 600 mq di uffici, negozi, magazzini e laboratori, una piazza-giardino con funzione di "cerniera" tra spazio pubblico e privato, un parco di 50000 mq e una scuola elementare per cinque classi di alunni. L'edilizia pubblica è in regime di convenzione con soggetti privati.

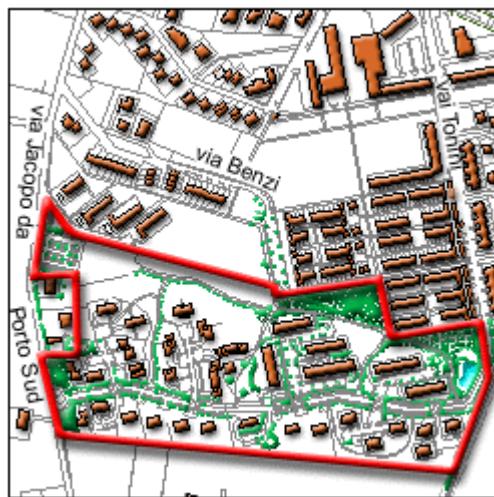



Fig.15 – Planimetria dell'intervento

La viabilità ha un andamento prevalentemente est-ovest e si collega a quella esistente. Sono previsti percorsi pedonali e ciclo-pedonali.
Alcune scelte di tipo tipologico e tecnologico sono state scartate in quanto troppo innovative rispetto al contesto locale, che potevano portare a difficoltà di collocazione sul mercato delle unità immobiliari.
Sono state redatte delle Norme urbanistiche ed edilizie a corredo del PEEP su questi temi:

1. Requisiti ecologici da inserire nella progettazione planivolumetrica
2. Caratteri generali della vegetazione
3. Indirizzi relativi all'individuazione dei parametri di edilizia eco-compatibile/bioclimatica nei lotti edificabili
4. Requisiti prestazionali in campo urbanistico ed edilizio

In particolare il tema del verde assume una rilevanza nel progetto: la superficie destinata a verde pubblico attrezzato a parco è di 49.970 mq (all'interno dei quali è prevista anche la realizzazione di una scuola elementare per 5 classi di alunni).
Sono stati elaborati i criteri da seguire, tra cui il mantenimento (ove possibile) della flora esistente, l'inserimento di nuove essenze che richiedano limitata manutenzione, tecniche di coltivazione, piantumazione, manutenzione che riducano al massimo l'inquinamento delle falde acquifere. Inoltre la collocazione della vegetazione deve tener conto delle ombre proiettate sugli edifici, aree di parcheggio e percorsi adiacenti.

Per quanto riguarda la **progettazione edilizia**, le indicazioni da rispettare sono le seguenti:

- tipologia compatta
- disposizione prevalentemente allungata est-ovest (con flessibilità d'angolazione +/-15° rispetto al sud)
- ampi affacci a sud
- soleggiamento di tutti gli edifici → nella fascia sud: edifici più bassi (2-5 alloggi)

nella fascia nord: edifici più alti (massimo 4 piani fuori terra)

Per l'**edificazione** si prevede l'utilizzo di materiali:
- ecologici, realizzati con componenti bio-eco-compatibili
- possibilmente con marchi di qualità ecologica conformi alle direttive CEE
- a basso impatto ambientale in fase di estrazione, produzione e messa in opera
- biodegradabili o riciclabili in dismissione
- sani per gli abitanti

Per il **risparmio energetico**:
- gli impianti di riscaldamento devono garantire almeno il 30% annuo in meno rispetto ai parametri del Fabbisogno Energetico Normalizzato (con verifica al termine dei lavori mediante "firma energetica dell'edificio")
- si favorisce l'uso di pannelli solari e/o fotovoltaici e uso di riscaldamento solare passivo (serre solari, finestre solari lungo i fronti esposti a sud)

## TIPOLOGIE DEGLI EDIFICI

Le tipologie hanno le seguenti caratteristiche:
- piano terra: residenza (o laboratorio/ufficio) con possibilità di uscita diretta o con area verde di pertinenza privata;
- piano interrato /seminterrato posto prevalentemente sotto il perimetro degli edifici;
- verde privato e condominiale posto al piano terra (ed eventuale ultimo piano), disposto coerentemente con le "tecniche bioclimatiche del verde";
- doppio affaccio di ogni alloggio per la ventilazione incrociata;
- tetti a falde, a terrazza, a giardino pensile (calpestabile) o a tetto verde (non calpestabile), purché con ottime prestazioni di coibentazione
- possibilità di rendere il sottotetto fruibile e/o abitabile.

## RACCOLTA DIFFERENZIATA

Ai margini della viabilità in direzione est-ovest vengono predisposte "stazioni ecologiche" che conterranno minimo quattro contenitori per la raccolta di carta, plastica, vetro, rifiuti solidi urbani e un raccoglitore per pile esauste. La superficie necessaria, anche per consentire ai mezzi meccanici di poter effettuare le manovre correttamente, è di 10 x 2 m circa. L'area è dotata di pavimentazione il più possibile resistente ed impermeabile.
La "stazione ecologica" sarà soggetta ad un progetto particolareggiato per garantirne la qualità estetica.
La raccolta si potrà effettuare nella cucina dell'alloggio (ove sarà progettato un apposito spazio) o eventualmente nell'androne dell'edificio, ma soprattutto nel punto di raccolta per il ritiro con i mezzi meccanizzati di Meta S.p.a..

## SPAZI VERDI

Ogni edificio viene dotato di spazi verdi (piantumati secondo gli indirizzi della bioclimatica), così da ottenere delle superfici permeabili intorno ai fabbricati e consentire la ricarica delle falde acquifere sotterranee. Si prevede per i gruppi di edifici o per ogni singolo edificio, la costruzione di una cisterna interrata per la raccolta dell'acqua piovana (scartata quella inquinata di prima pioggia) ed il suo riuso con l'impiego di apposite elettropompe centrifughe, eventualmente per la ricarica degli sciacquoni dei w.c. e l'innaffiamento delle vicine aree verdi.

La distribuzione delle essenze arboree (preferibilmente che producano fiori o frutti) viene effettuata tenendo conto delle dimensioni della pianta al momento del massimo sviluppo, posizionando piante autoctone a foglia caduca in prossimità dei fronti sud-est e sud-ovest e essenze sempreverdi a nord, per migliorare il comfort climatico dell'edificio e ottenere ombreggiamento e raffrescamento estivo nonché adeguata protezione dai venti invernali. Sempre a questo fine si effettua lo studio delle ombre proiettate dagli alberi, sui fronti residenziali, in prossimità dei percorsi carrabili e ciclo-pedonali e sulle relative aree di parcheggio o luoghi di sosta.

**PARCHEGGI**

I parcheggi sono posti in adiacenza agli edifici o a gruppi di edifici, mentre i garages, interrati o seminterrati, sono posizionati prevalentemente sotto la sagoma degli edifici.
Le aree a parcheggio si presentano come gradevoli piazzette-giardini, con pergolati ed essenze rampicanti per garantire zone d'ombra per le auto sottostanti ed essere contemporaneamente elementi d'arredo, con essenze arboree ed arbustive di coronamento, al fine di ottenere quinte a carattere botanico piacevoli per il passeggio quotidiano e per un maggiore benessere abitativo.

**MATERIALI UTILIZZATI**

Per edificare è previsto l'uso di materiali ecologici realizzati con componenti bio-ecocompatibili e preferibilmente con marchi di qualità ecologica, in modo che in ogni fase del loro ciclo di utilizzo assicurino un basso impatto sul sistema ecologico ed una elevata rispondenza alle esigenze dell'utenza, in conformità alle Dir. CEE 880/92 e 1836/93, nonché alla Risoluzione Comunitaria 17271993 per lo sviluppo sostenibile.
Tali materiali saranno utilizzati per costruire murature portanti continue, realizzate con mattoni pieni o alveolati ad alta coibentazione, prodotti con terra e fibre vegetali (segatura di legno, paglia) o minerale (vulcanite etc.).
Nel caso di edifici realizzati in muratura mista e cemento armato si chiede l'utilizzo di metallo per le armature a bassa conduttività elettromagnetica e/o la messa a terra del ferro e interruzioni con materiale isolante della gabbia di metallo.
Le strutture orizzontali saranno realizzate in laterizio e legno o legno (massiccio o lamellare).
Per coibentare verranno utilizzati isolanti in fibre vegetali (sughero, fiocchi di carta riciclata, pannelli in fibra di legno etc.), mentre gli intonaci saranno eseguiti con malta di calce o con terra cruda e tinteggiati con prodotti a base di calce, terra cruda e colori ai silicati. Per la posa delle piastrelle vengono utilizzati collanti naturali. Gli infissi interni ed esterni sono realizzati in legno e trattati con vernici di origine vegetali, e per la chiusura delle fessure viene raccomandato l'uso di silicone vegetale (con riduzione o eliminazione di silicone chimico).
E' previsto l'uso di tubature in polietilene o polipropilene (in quanto materiali riciclabili) con
riduzione e/o eliminazione del P.V.C., contenente cloruro di polivinile.

**IMPIANTO INTEGRATO DI FITODEPURAZIONE**

L'impianto integrato di fitodepurazione (cioè con depurazione dell'acqua sanitaria, in uscita dalle case e delle acque meteoriche) è stato dimensionato per circa 700/1000

abitanti e posto sul lato est dell’area, all’interno dell’Area 01 di intervento pubblico (in prossimità del tratto terminale di via Tonini).
La superficie dell’area ad esso destinata misura circa 1200 mq, con una profondità massima di 80 cm. Questo spazio è necessario per i trattamenti fisici convenzionali, pre-trattamento biologico – bacino fitoassorbente a piante radicate sempreverdi e laghetto; strade di accesso, piazzale di manovra e sosta; prevedendo inoltre un ulteriore piccolo ambito per la “riserva d’acqua depurata”, necessaria in caso di siccità o altra problematica.
Le acque da trattare sono quelle provenienti dagli scarichi civili, dimensionate con un carico di 250 lt./ab. al giorno e quelle acque meteoriche, calcolate in funzione delle tabelle di intensità di pioggia del Comune di Modena. E’ previsto il recupero ed il riutilizzo dell’acqua in uscita dall’impianto, per uso irriguo nelle aree adibite a verde pubblico.
L’impianto è progettato per fornire le migliori garanzie sia dal punto di vista funzionale, sia paesaggistico, integrandosi perfettamente nel territorio, divenendo oggetto di arredo delle aree verdi pubbliche adibite a parco.

## IMPIANTI INTERNI AGLI EDIFICI

### IMPIANTI ELETTRICI E RILIEVO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Il passaggio delle reti distributive all’entrata degli edifici avverrà di preferenza con la linea proveniente da sud dell’edificio (centraline e contatori vengono installati all’esterno degli alloggi). Si prevede inoltre il posizionamento, dopo il salvavita, del disgiuntore di tensione a controllo delle linee destinate all’illuminazione o almeno alle camere da letto. Per il tracciamento e la posa degli impianti elettrici con schema di tipo aperto “a stella” si prevede la schermatura dei cavi interessanti le zone letto e delle scatole ad incasso di prese ed interruttori, collegate con apposita linea separata al nodo equipotenziale e quindi al dispersore di terra; per la zona notte dei diversi appartamenti, si prevede l’installazione di “disgiuntori bipolari automatici” funzionanti con corrente continua a bassa tensione, seguendo così gli accorgimenti consigliati dalla bioedilizia per la riduzione dell’inquinamento magnetico indoor.

Nella costruzione dei fabbricati occorre prevedere una colonna montante con scatole di derivazione su ogni piano e tubo predisposto all’interno di ogni appartamento nei pressi della presa telefonica. La colonna montante confluirà nel locale contatori e da qui dovrà essere predisposto un tubo fino al pozzetto TLC predisposto in prossimità dell’edificio.

### IMPIANTO IDRICO

L’approvvigionamento dell’acqua e’ previsto:

1) dall’acquedotto per usi alimentari e per l’igiene;
2) dalla cisterna con il riuso dell’acqua piovana (scartata quella inquinata di prima pioggia), per irrigazione delle aree verdi.
3) Utilizzo di una rubinetteria già progettata per il risparmio (a getto regolato, con acceleratori di flusso o a fotocellula), e l’installazione di cassette per WC a basso consumo d’acqua (da 3 a 6 litri o meno), lavatrici con sistema acqua spar, decalcificatori, piccoli depuratori ad osmosi inversa, anticalcare magnetico per lavatrici e lavastoviglie, scaldacqua solare e miscelatori termostatici ed elettronici.
4) Uso di tubazioni in grès, acciaio, polietilene; sconsigliato l’uso tubazioni in P.V.C (contenente cloruro di polivinile).

## IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

Sono state previste, in particolare per l'intervento pubblico, soluzioni tecnologiche con possibilità di risparmio annuo di energia pari ad almeno il 30% del Fabbisogno Energetico Normalizzato (FEN - ottenibile calcolando i consumi secondo il D.P.R. 412).
Sia che l'impianto sia autonomo (caldaia/alloggio singolo), centralizzato per edificio o gruppo di edifici (con centralina di controllo dei consumi diretti ad unità) sarà verificata l'efficienza termica dell'impianto in rapporto al risparmio energetico, attraverso la "firma energetica dell'edificio".
A questo proposito le possibili soluzioni sono:

1. Installazione di caldaie (singole o centralizzate) a condensazione, al posto di caldaie convenzionali ad alto rendimento, che consentono un elevatissimo rendimento energetico attraverso il recupero del potere calorico dei fumi ed una rilevante riduzione dei valori relativi all'emissione di ossidi di azoto e di monossido di carbonio.
2. L'utilizzazione di centrali termiche condominiali del tipo "a condensazione" che permettono di ottenere temperature dei fumi di scarico inferiori al punto di rugiada con apposito "cronotermostato", con programma giornaliero e settimanale, ed un "sistema individuale di contabilizzazione".
3. Installazione di sistemi scaldacqua solari per trasformare l'energia del sole in acqua calda sanitaria, e come supporto all'impianto tradizionale collegando il sistema a pannelli solari con una caldaia a condensazione.
4. Installazione di pompe di calore, efficienti soprattutto dal punto di vista della climatizzazione globale (riscaldamento per la stagione invernale e condizionamento estivo).
5. Mantenimento del circuito dell'acqua calda a bassa temperatura sotto i 50°C e utilizzo di tecniche di riscaldamento il più simile possibile all'ipocausto (sistemi a pareti verticali - a "pannelli radianti" o a battiscopa o con irradiamento a pavimento).
6. Si favorisce l'applicazione di tecnologie di "domotica" nel settore residenziale, soprattutto nel campo domestico (relativamente alla sicurezza , per servizi a disabili ed anziani), e con finalità di rilevazione dati/consumi ad opera di META S.p.a.

## TUTELA DAL RUMORE

La tutela del rumore è garantita sia nei confronti dei mezzi meccanici che percorrono in parte il lotto per raggiungere le aree attrezzate a parcheggi (grazie ad accorgimenti tecnologici o inserimento di vegetazione), sia all'interno dell'edificio stesso e per ogni singola unità abitativa, fra questa ed i vani tecnologici o adibiti a servizi.
È stata data molta rilevanza alla "Relazione sul clima acustico e la qualità dell'aria" - Elaborato N del Piano Particolareggiato, redatta dal "Settore Risorse e Tutela Ambientale - servizio Impatto Ambientale" al fine di verificare il disagio acustico a livello urbano.
Per superare tale disagio nella progettazione dell'insediamento sono stati adottati i seguenti accorgimenti:

- installazione di serramenti esterni con doppi vetri, per insonorizzare ed ottenere ottimi standard di isolamento acustico;
- ubicazione, all'interno degli alloggi, delle "zone giorno" prevalentemente ad Est, per evitare che le camere da letto risentissero della vicinanza dell'Autostrada, fonte primaria di rumore esterno per la frazione di Cognento).

## VERIFICHE

Per favorire la verifica dei progetti rispetto alle indicazioni è stata predisposta una tabella dei punteggi per la valutazione della idoneità in sede di progetto edilizio, composta da due sezioni: la prima riguarda i requisiti urbanistici (Diritto al sole, Volume compatto, Tipologie, Orientamento, Aerazione, Illuminazione naturale, Terreni permeabili, Fotovoltaico, tutela dei rumori esterni, Essenze arboree, Recinzioni, Raccolta differenziata), la seconda quelli edilizi (Radioattività, Rilievo campo elettromagnetico, Fotovoltaico, Materiali edili, Coibentazione, Insonorizzazione, Impianti elettrici, Impianto di riscaldamento, Impianto idrico). Per ottenere la concessione edilizia è necessario che il progetto raggiunga almeno 50 punti su 100.
Per la verifica delle prestazioni termiche verrà utilizzato il Programma CLA – o similari.

I progetti approvati possono essere sottoposti ad ulteriore verifica per ottenere sconti, fino ad oltre il 50% sugli oneri di urbanizzazione secondaria previsti per le costruzioni bioclimatiche, ecologiche o realizzate con tecnologie alternative e non inquinanti (in base a delibera di Consiglio Regionale dell'Emilia Romagna, n°849/1998, aggiornata con delibera di Giunta Regionale n°197 del 20/2/2001; e a livello comunale, in base a delibera di Consiglio Comunale di Modena n°17 del 18/2/1999).

**QUADRO NORMATIVO**

Sono state redatte appositamente per il "P.P.iniz.pubblica n°51 Area 01 (intervento pubblico)" delle Norme urbanistiche ed edilizie, redatte sulla base dell'art.21 della legge regionale 47/78. La normativa riguarda le modalità di utilizzazione dell'area e fornisce indicazioni relative agli aspetti edilizi ed urbanistici, nonché ai criteri di realizzazione delle opere di urbanizzazione. Disciplinano inoltre l'esecuzione dei progetti esecutivi degli edifici.
Esse si strutturano secondo quattro temi fondamentali, coincidenti con altrettanti capitoli che contengono indirizzi specifici:

CAPITOLO 1 : Requisiti ecologici da introdurre nella progettazione planivolumetrica.
CAPITOLO 2 : Caratteri generali della vegetazione.
CAPITOLO 3 : Indirizzi relativi all'individuazione dei parametri di edilizia eco-compatibile / bioclimatica nei lotti edificabili
CAPITOLO 4 : Requisiti prestazionali in campo edilizio.

Tali norme sono risultate strumento di fondamentale importanza non solo come linee guida dell'intervento, ma soprattutto perché appositamente redatte: in questo modo si adempie a quanto auspicato dalla Carta di Aalborg delle città sostenibili e dal Codice Concordato di Raccomandazioni (sottoscritto dallo stesso comune di Modena), ossia l'aggiornamento dell'apparato normativo vigente che spesso non considera le problematiche ambientali emergenti con la dovuta attenzione.

**COSTI E RISORSE COINVOLTE**

- ***Costo complessivo per la realizzazione delle opere di urbanizzazione e delle infrastrutture***: £.11.542.648.000. (La cifra non comprende i costi di realizzazione della Scuola elementare, del cortile ad esso annessa e del parcheggio prospiciente la via Jacopo Da Porto Sud)
- ***Costo del sistema integrato di fitodepurazione***: £.600.000.000 circa (compresa la rete di allacciamento agli edifici.

I lavori per la realizzazione delle opere di urbanizzazione primaria ed infrastrutturali sono stati iniziati nell'ottobre 2001 e coordinati dall'ing. Mario Ciaccia (Settore Urbanizzazioni del Comune) e la loro ultimazione è prevista entro il 2003. La costruzione degli edifici è stata iniziata nel corso del 2002, come il sistema integrato di fitodepurazione.
Attualmente sono state rilasciate le concessioni edilizie per lotti edificabili, appartenenti all'Area 02 - intervento privato (n.5, n.6, n.14), le cui dichiarazioni di inizio lavori sono datate 19 dicembre 2001.

---

## IL CONCETTO DI SOSTENIBILITA'

Il progetto di questo insediamento residenziale è una tra le prime esperienze nazionali di sperimentazione dell'edilizia e dell'urbanistica sostenibile ed eco-compatibile. In particolare l'accento è stato posto su:

- **razionalizzazione mobilità urbana**
- **riduzione del rumore**
- **risparmio risorse energetiche ed ambientali, a partire soprattutto dalla risorsa "acqua".**

L'intervento del Peep di Cognento risulta essere interessante da molti punti di vista. Innanzitutto, è una delle prime esperienze di sperimentazione edilizia sostenibile in Italia, che sarà completata entro il 2003 dopo un finanziamento di circa 60 milioni di Euro. Il coordinamento e la concertazione dei diversi soggetti partecipanti è stata resa possibile solo grazie all'individuazione chiara e precisa degli obiettivi e delle indicazioni, progettuali e non, preventivamente determinati e tassativi, al fine di giungere ad un risultato di qualità in ogni aspetto.
Va considerata la natura prevalentemente eco-compatibile dell'intervento, che, diversamente dagli altri casi proposti, contempla il risparmio energetico quale obiettivo da raggiungere attraverso tecnologie e tipologie non estranee all'ambiente, ma non unico o prevalente rispetto agli altri.
Lo studio delle problematiche ambientali infatti è stato avviato fin dalla scala territoriale della progettazione urbanistica, con attenzione particolare al tema della mobilità e della sostenibilità dell'intero insediamento residenziale nel contesto ambientale, fino a focalizzare l'attenzione alle caratteristiche degli edifici (sia pubblici che privati), i cui progetti sono sottoposti a verifica.
In particolare, per quanto riguarda la realizzazione degli edifici che ospitano le residenze, la difficoltà nel redigere le norme e le indicazioni da seguire nella progettazione è stata quella di tenere presenti anche le preferenze dei futuri utenti (o presunte tali), scartando a priori tipologie o tecnologie troppo innovative che non avrebbero trovato grande riscontro in una cultura ancora "conservatrice" delle tradizioni costruttive, con la conseguente, ma non meno rilevanze, difficoltà a trovare un posto sul mercato.

L'esperimento di Modena, che nel suo iter contiene riferimenti diretti all'Agenda 21 Locale, cerca di mettere in atto un approccio al problema della sostenibilità quanto più possibile vicino alla metodologia di bilancio territoriale ed ambientale. E' stato inserito nei casi studio per effettuare un paragone tra gli approcci dei diversi Paesi Europei, alla luce delle differenze climatiche, culturali, normative e sociali che li determinano. L'importanza dell'intervento è infatti determinata dal suo carattere "pionieristico": in Italia è uno dei primi quartieri "sperimentali", sia dal punto di vista della metodologia

progettuale e della concertazione tra i soggetti interessati, che dal punto di vista delle tecnologie utilizzate; può dunque costituire un esempio (anche dal punto di vista normativo) che conduce alla via degli insediamenti-prototipo che hanno costituito, soprattutto nel Nord Europa, l'input per una nuova progettualità.

---

Tratto da: *Progettazione bioecologica per un quartiere residenziale a Modena*, in Ambiente Costruito, n°4, 2001, pp. 20-25.
*Cognento sostenibile – PEEP di Modena*, in Costruire, n°231, 2002, p.25.
www.comune.modena.it/urbanistica/peep/PEEP51_Cognento/PEEP51_Cognento.htm

**SCHEDA 2 – QUARTIERE SOLARE A REGENSBURG**

## DATI DELL'INTERVENTO

**INTERVENTO:** Progettazione di un quartiere residenziale solare.

**COMMITTENTE:** Stadt Regensburg

**LUOGO:** Regensburg (Germania)

**DATA:** non realizzato

**PROGETTISTI E PIANIFICATORI:**
Foster and Partners Architects and Designers, London
Herzog+Partner Architekten GbR, München

**ARCHITETTURA DEL PAESAGGIO:**
Latz+Partner Landschaftsarchiteckten, Kranzberg

**PROGETTO ENERGETICO:**
ZREU – Zentrum für Rationelle Energieanwendung und Umwelt GmbH, Regensburg

**CONSULENTI TECNOLOGIE DI VENTILAZIONE:**
Rudolf Frimberger, Nittenau-Fischbach Albert Pernpeintner, München

**SIMULAZIONE DAYLIGHT:**
Lehrstuhl für Entwerfen und Baukonstruktion II, Fakultät für Architektur, Techn. Universität München

---

## *DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE*

Il progetto nasce dopo l'affidamento agli architetti Sir Norman Foster e Thomas Herzog da parte della Commissione Europea del progetto di un insediamento solare, per cui fu scelta la città di Regensburg: in particolare un lotto all'interno della città stessa (l'isola Unterer Wöhrd), condizione importante per ridurre il consumo totale di energia. Il progetto non si concludeva con la progettazione del complesso residenziale, ma considerava le importanti relazioni con il contesto, a partire da viabilità e trasporto fino all'orientamento dei fabbricati, dalla densità abitativa della zona fino alla manutenzione e gestione degli edifici stessi.
Dal momento che si tratta solo di un piano urbanistico senza progetti specifici per gli edifici, ancora da realizzare, sono state date solo delle linee guida, in modo che si armonizzino con i principi della progettazione urbanistica: la struttura delle costruzioni deve essere il più semplice possibile in modo da permettere l'insediamento di diverse funzioni e una eventuale facile riconversione. I progettisti devono scegliere materiali in modo da ridurre al minimo l'energia consumata per la produzione, il trasporto e lo smaltimento degli stessi.
È stato studiato in particolare l'orientamento che i fabbricati dovranno avere per sfruttare al massimo l'apporto della luce naturale ai fini soprattutto dell'illuminazione: per questo è stata scelta la direttrice est-ovest, anche in relazione alla direzione in cui spirano i principali venti, che rientrano nella progettazione come elementi che influiscono sul comfort e la qualità degli ambienti. La disposizione nord-sud infatti

permette di mitigare le condizioni climatiche negli spazi tra gli edifici, riducendo così le perdite di calore per convezione attraverso le pareti esterne. Vengono inoltre date delle linee guida alla progettazione degli edifici,
Per quanto riguarda il concetto energetico che sottende l'intervento, la proposta era di un impianto a blocchi di riscaldamento e di produzione di energia per il quartiere; scelta effettuata sulla base della modularità di tale soluzione e dell'inequivocabile vantaggio che ha sull'ambiente. Inoltre questo permette una successiva integrazione con una cella di carburante ad emissione quasi nulla di $CO_2$.

**PROGETTAZIONE URBANA.**

Viene prevista una densità abitativa più alta nelle zone di sviluppo al fine di conservare il paesaggio esistente. Tali zone sono zone in disuso o adibite ad usi secondari. L'isola identificata come sede dell'intervento ha dimensioni piuttosto ridotte e un'unica strada, la Wöhrdstrasse, che ne costituisce la spina dorsale, e che verrà utilizzata dai trasporti pubblici per collegare l'isola con il resto della città, e i vari punti dell'isola stessa. Nel progetto sono stati inseriti anche passaggi e zone pedonali.

**SVILUPPO EDILIZIO**.

L'orientamento degli edifici è stato stabilito nell'asse est-ovest, per poter sfruttare al massimo la radiazione solare diurna e garantire adeguata illuminazione naturale tra gli edifici. Questo permette di avere edifici più profondi e vicini, riducendo al minimo gli spazi intermedi, sfruttando al meglio il terreno.
Sono stati considerati in sede di progettazione i venti dominanti della zona: essi sono principalmente provenienti da Ovest (primavera e autunno). L'orientamento studiato e la particolare conformazione dei tetti mitiga l'effetto del vento in particolare negli spazi tra gli edifici, nei passaggi e nei cortili, minimizzando le perdite di calore attraverso le superfici esterne.

**MATERIALI.**

I materiali vanno scelti sulla base dell'energia consumata per produzione, trasporto, smaltimento. In particolare si suggerisce l'uso del legname

**CONCETTO ENERGETICO**.

È stato proposto un impianto a blocchi di riscaldamento e di produzione di energia per il quartiere: questi, essendo modulari, possono essere estesi senza limitazioni. I costi di produzione sono ridotti, c'è un notevole vantaggio per l'ambiente e la possibilità d'integrarli con una cella carburante ad emissione quasi nulla di $CO_2$. In particolare per il quartiere è stato previsto il raggiungimento dei seguenti obiettivi energetici:

- Valori almeno del 25% inferiori a quelli stabiliti dai regolamenti di isolamento termico del 1995
- Riduzione delle emissioni di $CO_2$ del 50% nel settore riscaldamento.
- Utilizzo di forme di energia riciclata e cogenerazione di calore ed energia
- Abbandono del raffreddamento meccanico
- Possibilità di sviluppo modulare del sistema di fornitura energetica

Sulla base di questi principi è stata proposta anche la riqualificazione di altri quartieri, per attuare un sistema di regolazione dell'energia su scala urbana.

## *CONCETTO DI SOSTENIBILITA'*

La sostenibilità di questo intervento è stata pensata a diverse scale (anche se non tutte poi arrivate al dettaglio): quella urbana, dell'edificio, dell'alloggio.
I criteri/parametri di sostenibilità utilizzati sono:

- **Scelta di progettare un intero quartiere per AMPLIFICARE GLI EFFETTI POSITIVI**
- **Attenzione all'ubicazione per TRASPORTI, INQUINAMENTO, RISPARMIO ENERGETICO**
- **Studio dell'orientamento per un migliore sfruttamento della radiazione solare ai fini del RISPARMIO ENERGETICO e dell'ILLUMINAZIONE, e per la VENTOSITA' del luogo**
- **Studio specifico del CONCETTO ENERGETICO**
- **Redazione di linee guida progettuali per la realizzazione degli edifici.**

L'importanza di questo intervento-pilota, presentato all'EXPO 2000 di Hannover, nasce dalla progettazione dello stesso alla scala urbana prima ancora che architettonica, a sottolineare la necessità di un cambiamento di prospettiva dell'architettura verso la sostenibilità. Risulta chiaro anche l'indispensabile coinvolgimento di tutti i fruitori dell'architettura, da intendere come soggetti attivi, nel rispetto dell'ambiente.
In realtà il progetto originariamente concepito non fu approvato dai cittadini di Regensburg, che bloccarono con un referendum locale l'avanzamento del progetto. Per non contrariare né l'opinione pubblica né l'Unione Europea si optò per una ridefinizione del progetto: non solo fu presentato un nuovo disegno urbano con una particolare attenzione allo sviluppo sostenibile, ma anche e soprattutto furono tenute in considerazione le proposte dei cittadini stessi che miravano ad uno sviluppo più "moderato" della loro isola in mezzo al Danubio.

In ogni caso l'intervento è esemplare per l'efficacia con cui i principi dell'architettura bioclimatica e sostenibile sono stati applicati su larga scala, prima ancora della progettazione del singolo edificio, al fine di costituire un esempio da seguire nelle realizzazioni future; si tratta di una sorta di riflessione teorica, quasi stabilita a tavolino, a partire dalla quale si strutturerà l'intero impalcato progettuale.

Tratto da: *Quartiere "Solar Quarter in Regensburg"*, in Detail, n°3, 1999, pp. 381-385.

## SCHEDA 3 – QUARTIERE SPERIMENTALE A MALMÖ

### DATI DELL'INTERVENTO

**INTERVENTO:** Quartiere residenziale sperimentale BO01 – The city of tomorrow

**PROMOTORE:** Bo01 AB (Società di un ente svedese senza scopo di lucro – Svensk Bostansmässa – le cui azioni appartengono allo Stato svedese, alla città di Malmö)

**LUOGO:** Malmö (Svezia)

**DATA:** 2001

**RESPONSABILE DEL PROGETTO:** Arch. Klas Tham

**DATI DIMENSIONALI:**
- Superficie territoriale: 30 ettari
- Area edificabile: 18 ettari (pari al 60% della superficie territoriale)
- N° lotti: 24 per un totale di oltre 1000 alloggi più servizi commerciali e sociali e un parco lungomare, giardini lungo il canale artificiale interno, un porto turistico e spazi espositivi.

**COSTO**: circa 520 milioni di Euro, di cui circa il 25% è stato coperto dalla sola vendita dei biglietti d'ingresso all'esposizione (oltre 1 milione di visitatori nei primi 4 mesi di apertura). Le residue fonti di finanziamento deriverebbero per circa il 50% dalle imprese private coinvolte e il restante 25% dai fondi della società promotrice.

---

### DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE

La realizzazione di questo quartiere sperimentale nato come "sustainable urban unit" si deve all'European Housing Expo, tenutasi a Malmö tra il 17 maggio e il 16 settembre 2001. L'area in cui è stato realizzato è costituita da 180 mila mq affacciati su l Västra Hamnen (Porto Ovest), di fronte a Copenaghen e al ponte sull'Oresund. I lotti ricavati sono 24, oltre al lungomare, il porto turistico, i giardini lungo il canale interno, una zona per la *land art* e lo spazio destinato ai "giardini segreti" e all'esposizione "Vision". Le imprese scelte per realizzare gli edifici sono state chiamate dai promotori in base a trattativa privata, mentre i progettisti sono stati scelti dalle imprese sotto la supervisione dell'architetto in capo Klas Tham.

La parte realizzata di questo intervento costituisce un esposizione intitolata "La città del domani"; essa è suddivisa in tre parti:
- un quartiere residenziale di 800 appartamenti e 120000 mq.
- un villaggio sperimentale con realizzazioni di diversi Paesi Europei, concepite come prototipo, con scelte tipologiche originali e uso di materiali che possono essere completamente riutilizzati in caso di demolizione
- una zona destinata a esposizioni temporanee, in cui vengono promosse iniziative sperimentali per allargare la conoscenza generale sui temi dell'abitare

| 1.Bicycle parking lot & bus stop | 15. Agora Bar |
|---|---|
| 2. VISION | 16. Salt&Brygga |
| 3. The Garden of Knowledge | 17. Mobility Centre |
| 4. The Ecological Playgrounds | 18. LB-Hus and Yxhult |
| 5. Products Exhibition | 19. Kajpromenaden, Wihlborg |
| 6. Garden x Evolution | 20. Friheten, PEAB |
| 7. Sustainabuilding | 21. Sundspromenaden, NCC |
| 8. Urban wildlife | 22. The Simple House, LIR |
| 9. European Village | 23. The Wood House, Skanska Nya Hem |
| 10. Clear Future | 24. Tango, MKB |
| 11. The Sydkraft Pavillon | 25. Havslunden, JM |
| 12. The Energy Factory | 26. Vitruvius, JM |
| 13. The Anchor Park | 27. Tegelborgen, MKB |
| 14. Veg Tech | 28. Harmoni |

Fig. 16 – Site Map

L’area urbana ha caratteristiche di media densità, edifici bassi (ed una sola torre di 45 piani e 140 metri, costruita su progetto di Santiago Calatrava), il cui numero di piani varia da 1 a 6; i regimi degli appartamenti sono diversi: alcuni sono in affitto, altri in diritto di superficie (la maggior parte), altre case e appartamenti in proprietà assoluta.

Le case lungo la banchina sono alte cinque piani per riparare il quartiere dal forte vento proveniente da ovest; dietro gli edifici sono più bassi. Inoltre è stata data grande importanza agli spazi aperti e collettivi, che si articolano in parchi e aree verdi progettati da architetti di fama internazionale.
Per quanto riguarda la qualità tecnologica, l'Amministrazione di Stoccolma ha organizzato una serie di concorsi per le imprese produttrici di materiali e tecnologie per la costruzione, sulla base dei quali è stata effettuata la scelta e ai cui vincitori è stato assicurato un mercato dove vendere e applicare le loro innovazioni tecnologiche.

Alla base dell'intervento di Malmö c'è un **programma di qualità ambientale e degli edifici** che i promotori dei diversi servizi dovevano seguire: esso contiene le caratteristiche generali degli edifici ed abitazioni, le qualità degli spazi aperti, il lay-out funzionale dei progetti, il livello di qualità dei materiali e delle tecnologie.
Il programma di qualità è stato redatto dagli organizzatori di Bo01 (esperti in gestione del progetto, ambiente, landscape and Information Technology), alcuni tecnici del Comune di Malmö e i rappresentanti delle aziende ed imprese che hanno implementato i progetti.
Esso costituisce lo strumento operativo per la progettazione, per i contratti di concessione della terra, per la realizzazione degli interventi, per le tecnologie, i materiali e la loro manutenzione, e si articola in 8 punti:

- efficienza energetica
- spazi pubblici
- spazi verdi
- infrastrutture e sistemi tecnologici
- trasporti
- gestione dei rifiuti
- acqua e scarichi
- servizi municipali

Si segnalano in particolare tre realizzazioni in cui risulta più evidente l'attenzione per l'integrazione con l'ambiente e per il risparmio energetico:

**<u>CASE PEAB</u>**

Figg. 17 e 18 – Ricostruzione tridimensionale delle logge esposte a sud e della loro possibile trasformazione in ambienti.

• **PROGETTISTA:** Bengt Hidemark – Bengt Hidemark Arkitektkontor AB, Svezia
• **COSTRUTTORE:** Peab Sweden AB

• **TIPO D'USO:** Proprietà

• **DESCRIZIONE:** Edificio a travi e pilastri in c.a. e tamponamenti in pannelli di cls. La copertura è interamente ricoperta da pannelli solari per l'acqua calda sanitaria. Ampio uso di finestre e balconi che permettono alla luce naturale di illuminare l'interno. Il soggiorno in particolare è delimitato da una vetrata sulla loggia verso il mare: questa può a piacimento essere aperta completamente o spostata in facciata per rendere più grande l'ambiente interno.

**KAJPLATS 01**

• **PROGETTISTA:** Gert Wingårdh – Wingårdh Arkitektkontor AB, Goteborg, Svezia
• **COSTRUTTORE:** MKB Fastighets AB
• **TIPO D'USO:** Affitto
• **DESCRIZIONE:** Questa realizzazione consta di 21 appartamenti ad uso affitto che costituiscono un blocco compatto pensate con "forme semplici e senza tempo", dalle parole del progettista. In particolare si segnala la presenza di finestre grandi e a tutta altezza per inondare di luce gli appartamenti, sulle facciate rivolte verso il mare. Sono stati utilizzati vetri particolari, per il risparmio energetico e per controllare e eliminare l'eccesso di calore dovuto alla sovraesposizione ai raggi del sole. Grazie a questo progetto Gert Wingårdh ha vinto il SAR´s Housing Award 2001.

Fig. 19 – Vista del complesso di appartamenti

**TANGO**

• **PROGETTISTA:** Moore Ruble Yudell Architects and Planners – Santa Monica (CA, Usa) - (Bertil Öhström, John Ruble, Tina Beebe)
• **COSTRUTTORE e COMMITTENTE:** MKB Fastighets AB
• **CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO:** 27 unità abitative con uffici, ristoranti, caffè, scuola e biblioteca.
• **DESCRIZIONE:** I progettisti hanno pensato questo intervento caratterizzandolo attraverso una possibile personalizzazione da parte dell'utente. È stato tenuto in grande considerazione l'aspetto esteriore delle costruzioni attraverso un largo uso di torri vetrate che attraggono l'attenzione, anche per "dissolvere i limiti tra interno ed esterno" e garantire "la continuità verso il giardino" (Öhström, Ruble, Beebe, 2001, p.

93). I materiali utilizzati sono naturali, come richiesto dal committente, e in particolar modo il tetto è coperto di zolle d'erba che contornano i pannelli solari.

Per quanto riguarda l'interno delle abitazione, grande attenzione è stata data alla flessibilità e alla percezione che l'utente ha di ogni ambiente: grandi aperture vetrate e affacci sul giardino permettono di avere una percezione dei locali della zona-giorno di più ampio respiro.

Fig. 20 – Vista delle torri vetrate dalla piazza centrale

Fig. 21 – Modello dell'insediamento

**TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO**

La tipologia delle case è varia: da case isolate, a case a schiera e blocchi di appartamenti.

---

**CONCETTO DI SOSTENIBILITA'**

Il progetto che si ispira totalmente alla filosofia sostenibile, ha come obiettivi di sostenibilità la qualità ambientale e della vita, raggiungibili attraverso le nuove tecnologie. Il tema centrale è quello della **efficienza energetica**, da perseguire per:

- l'abbattimento delle emissioni inquinanti, come da Protocollo di Kyoto, attraverso uso di risorse rinnovabili e nuove tecnologie
- soddisfacimento del 100% del fabbisogno energetico del quartiere
- aumentare il comfort degli abitanti

In particolare, ciò si attua attraverso:

- ***Fonti rinnovabili*** che garantiscono il fabbisogno energetico del complesso
- ***Energia elettrica*** fornita da mulini a vento e pannelli a cellule fotovoltaiche
- ***Biogas*** (ricavato in apposite stazioni di servizio dove avviene il trattamento dei rifiuti prodotti nell'area) per il riscaldamento
- ***Sfruttamento del calore delle masse d'acqua***
- ***Uso di collettori solari***
- ***Raccolta differenziata*** fin dai singoli alloggi e riutilizzo di sostanze nutritive recuperate per colture agricole
- ***Servizio di trasporto pubblico*** al centro di Malmö come mezzi elettrici o a biogas

L'esperienza del quartiere sperimentale di Malmö è significativa in quanto testimonia concretamente l'impegno della Comunità Europea, attraverso diversi programmi, nei confronti della ricerca e realizzazione di ambienti urbani sostenibili. Nel panorama europeo, sono i Paesi Nordici ad essere più avanzati in questo campo, sia dal punto di vista dell'innovazione tecnologica, che da quello della consapevolezza ambientale e sociale dei cittadini, delle istituzioni e delle imprese, come è possibile verificare nell'analisi dell'intervento sopra esposto.
L'obiettivo del quartiere sperimentale Bo01 era quello di sviluppare una "Città del Futuro" basata sui criteri di sostenibilità ambientale, vista soprattutto come rivalutazione del capitale naturale, ma anche come coinvolgimento e stimolazione della società per l'innalzamento della qualità ambientale.
Il concetto di sostenibilità quindi è messo in pratica in un nuovo modo di concepire il progetto, che parte dalla scelta dei materiali, alla progettazione di un edificio energeticamente autosufficiente, fino al riciclo o riuso dei materiali o di parte dell'edificio alla fine del suo ciclo di vita; a questo fine occorre considerare le risorse utilizzate, le energie consumate e il loro flusso nell'edificio. La garanzia che i progetti destinati alla realizzazione fossero anche di qualità, era garantito dal *Programma di qualità*, documento steso in collaborazione tra tecnici del comune, organizzatori, aziende e imprese, il cui obiettivo era quello di delineare delle linee guida per la progettazione di edifici sostenibili da ogni punto di vista.
I punti di forza di questo complesso residenziale sperimentale sono dunque la condivisione dei progetti tra imprese, progettisti e amministrazione; l'elaborazione del programma di qualità che regola gli interventi; la varietà tipologica e architettonica delle realizzazioni. Vuole quindi proporsi come progetto dimostrativo cui possono seguire molti altri interventi in tutta Europa.

Un modello di questo genere, con le dovute correzioni in relazione al diverso clima e alla diversa cultura architettonica, potrebbe essere nel nostro Paese la concretizzazione che ancora manca dei tanti strumenti attuativi e normativi a disposizione dei progettisti, oltre che rappresentare uno stimolo e un incentivo a cambiare mentalità progettuale facendo entrare il concetto di sostenibilità, per quanto vasto e diversificato, nell'architettura residenziale, dimostrando, come dice emblematicamente Margherita Rossaro nel titolo del suo intervento (2001, p.9) che "la sostenibilità non è un'utopia", ma una strada percorribile e vantaggiosa.

Tratto da:
- Valerio Travi, *Bello e sostenibile*, Costruire n° 221 ottobre 2001, p. 91-95.
- Margherita Rossaro, *La sostenibilità non è un'utopia*, in Ambiente Costruito, n°3 luglio-settembre 2001, p.9-13.
- Stefano Farneti, *Un nuovo quartiere residenziale a Malmö, Svezia: BO.01 esposizione europea dell'abitare*, in AA.VV. *Costruire sostenibile: l'Europa*, Alinea Editrice, Firenze, 2002, pp. 172-177.
- http://www.europa.eu.int/comm/energy/en/renewable/idae_site/deploy/prj018/prj018_2.html

**SCHEDA 4 – QUARTIERE SPERIMENTALE DI KRONSBERG**

## DATI DELL'INTERVENTO

**INTERVENTO:** Quartiere residenziale sperimentale

**LUOGO:** Hannover (Germania)

**DATA:** 2000

**PROPRIETARIO DELL'AREA:** Municipalità di Hannover

**SOGGETTI E RUOLI (Forum per la progettazione e la costruzione)**
- Governo locale, per la supervisione dei progetti dall'inizio alla costruzione
- Comitato di quartiere, per l'individuazione di problemi e risorse
- Cittadini
- KuKa, Agenzia che supporta l'intero processo e presenta gli interventi all'Amministrazione pubblica.

**STRUMENTI URBANISTICI**
Gli strumenti urbanistici utilizzati ai fini del raggiungimento degli obiettivi di qualità e sostenibilità dell'intervento sono stati quelli locali:
- piani
- contratti di compravendita dei terreni
- contratti di sviluppo urbano
- contratti per le infrastrutture e accessibilità
- norme per i distretti di riscaldamento
- norme per i parcheggi

---

## DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE

Il quartiere è stato costruito in concomitanza con L'Expo 2000, tenutasi ad Hannover, sulla base di principi ambientali determinati da un gruppo specializzato di ricercatori e tecnici.
Gli elementi caratterizzanti l'intervento sono:
- istituzione di un Forum per la progettazione
- programma di gestione delle risorse
- varietà di servizi a disposizione degli abitanti

La municipalità era il proprietario dell'area su cui è sorto il complesso, ed ha influenzato sia la progettazione che l'esecuzione degli interventi.
Per un terzo dell'area, che poteva essere costruita da privati, è stata costituita una Compagnia privata di Sviluppo (IDB), che ha dovuto seguire gli standards fissati dall'Amministrazione pubblica per la costruzione e vendita di lotti ed appartamenti.

Sulla base degli obiettivi sostenibili, i metri cubi di terreno scavati per la costruzione degli edifici sono stati per la maggior parte riutilizzati nel sito per la modellazione del paesaggio: con essi sono stati creati punti panoramici, e costruita una barriera al rumore lungo la vicina autostrada.
Dal punto di vista della progettazione urbanistica è stata data grande importanza all'adattamento al contesto e agli spazi aperti tra gli edifici. All'interno dell'area non sono stati realizzati solo edifici residenziali, ma anche scuole, campi sportivi, e per

quanto riguarda gli spazi pubblici, corridoi verdi, strade urbane alberate, piste ciclabili e pedonali. I lotti hanno dimensioni comprese tra 1,2 e 1,8 ettari, riducendo così gli spazi destinati agli accessi. Le aree residenziali sono vicine al distretto industriale e commerciale e sono collegate, per mezzo del trasporto pubblico, al centro storico e all'EXPO.
Per quanto riguarda invece il concetto più prettamente architettonico, i principi base che sono stati messi in pratica contemplano l'alta densità, il risparmio di spazio, altezze massime di 4-5 piani. Le tipologie sono varie, progettate da diversi studi di architettura tramite concorso indetto dai proprietari: comune è l'orientamento est-ovest e negli edifici in linea, l'interposizione di gallerie, arretramento dell'ultimo piano, tetto a una falda inclinata o falde invertite, spesso con ampi terrazzi.
La varietà delle tipologie presenti risponde ad un bisogno di assicurare un mix sociale a lungo termine, anche attraverso aiuti finanziari e qualità dell'insediamento. Per promuoverlo, nella prima fase sono state messe in vendita case a schiera (il 10%) e sono stati distribuiti in tutto il quartiere gli appartamenti per l'EXPO, rimessi sul mercato alla fine di questa.

Fig. 22 – Edifici residenziali del quartiere.

**TRASPORTI**

Parallelamente alla costruzione del quartiere, si è sviluppato un sistema di trasporto ambientalmente compatibile che lo collega alla zona commerciale, al centro della città e all'Expo, con tragitti pedonali di circa 20 minuti.
Il traffico automobilistico è concentrato in un'unica direttrice, per diminuire inquinamento e rumore, e viene rallentato opportunamente lungo le strade di penetrazione nel quartiere, e i parcheggi delle autovetture sono per un terzo sotterranei, un terzo in superficie, e i restanti concentrati in unità con pochi posti auto. È presente una pista ciclabile che attraversa tutto il quartiere.

**EFFICIENZA ENERGETICA**

La riduzione del consumo di energia è ottenuta mediante metodi di costruzione a "bassa energia", con misure che assicurino comunque qualità agli edifici.
L'obiettivo energetico in particolare era di ridurre le emissioni di $CO_2$ almeno del 60% rispetto agli standard emissivi degli edifici residenziali convenzionali. Un ulteriore 20% viene ottenuto mediante l'integrazione di sistemi che sfruttano l' energia solare ed eolica e l'uso di tecnologie innovative.
L'ottimizzazione della quantità di energia è assicurata dalla differenziazione dei distretti di riscaldamento, alimentati da due centrali di cogenerazione decentrate.

## GESTIONE DELL'ACQUA

In questo progetto l'acqua piovana ha una grande importanza. L'acqua proveniente dalle strade pubbliche viene incanalata verso "bacini di drenaggio" che la filtrano e la rimettono in circolo, così come quella proveniente dai giardini privati, dai tetti delle costruzioni e dalle aree pavimentate. I bacini di drenaggio hanno influito sulla distribuzione e collocazione di edifici e spazi verdi, diventando a loro volta, spazi aperti con alta qualità.
Inoltre tutti gli appartamenti sono dotati di rubinetti che risparmiano l'acqua ed è stata portata avanti una campagna educazionale per il risparmio di questa risorsa presso gli utenti.

Fig. 23 – Stagno progettato nell'area residenziale

## TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO

Le tipologie delle case sono state progettate da 40 studi di architettura tramite concorsi indetti dai proprietari dell'area (devellopers). In particolare negli edifici in linea è comune l'interposizione di gallerie, arretramento dell'ultimo piano, il tetto a una falda inclinata o falde invertite, spesso con ampi terrazzi.

---

## CONCETTO DI SOSTENIBILITA'

Gli obiettivi ecologici da perseguire con l'intervento sono simili a quelli richiesti dal Quartiere sperimentale di Malmö:

- **utilizzo razionale della risorsa "terreno"**
- **reversibilità degli spazi ed uso intensivo degli edifici**
- **reinterpretazione del capitale naturale**
- **vicinanza della residenza ai luoghi di lavoro**
- **spazi comuni**
- **gestione dei rifiuti**
- **gestione della risorsa "acqua"**

Sicuramente però l'obiettivo primario è anche in questo esempio quello della **efficienza energetica**, al fine di ridurre le emissioni di $CO_2$ almeno del 60% rispetto agli standard attuali negli edifici convenzionali, senza tralasciare la qualità dell'edificio.

La costruzione di un quartiere sperimentale come quello di Hannover è di grande rilevanza soprattutto perché costituisce un esempio concreto di edilizia sostenibile, e come per il caso di Malmö, è anche un modello di collaborazione tra professionisti, istituzioni e cittadini, tenuti in grande considerazione prima, durante e dopo la realizzazione dell'intervento. Purtroppo il carattere sperimentale di questo tipo di esperienze è legato ad eventi particolari, come in questo caso era l'EXPO 2000 di Hannover, e dunque difficilmente replicabile in altri ambiti, e soprattutto senza stimoli e finanziamenti da parte delle Autorità locali; tuttavia la realizzazione di complessi di questo genere può costituire un esempio tangibile della fattibilità e realizzabilità del concetto di edilizia sostenibile, sia per le amministrazioni che per l'utenza generalizzata, poco incline ai cambiamenti radicali (che comunque non sono presenti in questo caso) e spesso poco partecipe delle questioni ambientali legate all'edilizia residenziale.

Tratto da:
- Margherita Rossaro, *La sostenibilità non è un'utopia*, in Ambiente Costruito, n°3 luglio-settembre 2001, p.13-17.
- Maria Rosa Ronzoni, *L'Expo al tempo di internet*, in AA.VV, *Costruire sostenibile: l'Europa*, Alinea Editrice, Firenze, 2002, pp. 146-155.
- http://www.sibart.org/pdf/kronsberg.pdf

## SCHEDA 5 – QUARTIERE SOLARE A COBURGO

### DATI DELL'INTERVENTO

**INTERVENTO:** Complesso residenziale solare

**LUOGO:** Coburgo (Germania)

**DATA:** 2002

**PROGETTISTI E PIANIFICATORI:**
- Fink+Jocher, München
- FEZ, Forschungss- und Entwicklungszentrum; Goswin Müller; Ing. Büro Netzel; Roos+Marzog
- Dr. Behringer+ Müller, Dürr + Schwarz (Structural Engineer)

---

### DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE

Il complesso residenziale comprende 1200 appartamenti, di cui solo una parte è stata realizzata, tra cui queste palazzine a quattro piani. La tipologia è stata sviluppata ottimizzando le strategie di risparmio energetico e le risorse.
Il fabbisogno di energia necessario per gli appartamenti, ispirati dalle "piante-cabina" di Otto Haeslers, nate nel 1930 per rispondere alle necessità di case con ridotti costi di produzione in tempi economicamente difficili, è stato calcolato del 40% in meno rispetto ai parametri contenuti nelle correnti normative.
Gli appartamenti sono dotati di una loggia di 2 x 2 metri, mentre lo spazio antistante le stanze principali, usato come disimpegno o studio, ha la funzione di solarium sul lato sud-ovest. Esso è un ambiente vetrato, le cui finestre, che si aprono verso l'esterno permettono di trasformarlo in una seconda loggia in estate. La parete centrale portante funge da accumulatore di calore proveniente dal sole.
Ogni appartamento si estende per tutta la larghezza dell'edificio, presentando così un doppio affaccio, e tutte le stanze, comprese cucine e bagni sono aerati naturalmente.

Fig. 24 – Particolare della facciata

Fig. 25 – Interno della loggia

### TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO

Palazzina di quattro piani. In esse sono presenti 24 appartamenti, di cui 20 di 75 mq, e i restanti 4 di 96 mq.

---

**CONCETTO DI SOSTENIBILITA'**

Il concetto di sostenibilità di questo complesso residenziale, solo in parte realizzato, consiste nelle tecnologie di sfruttamento dell'energia solare che permettono un notevole **risparmio energetico** rispetto ai valori contenuti nelle attuali normative (-40%). Partecipa di questa caratteristica anche la **tipologia**, non nuova ma adattata perfettamente in funzione dello scopo, che oltre al risparmio dell'energia, prevede il comfort degli abitanti, oltre all'introduzione di **serre e logge**, ambienti perfettamente integrati nella costruzione, ma con la funzione precisa di ottimizzazione l'energia dei raggi solari ai fini del fabbisogno energetico degli appartamenti.

La rilevanza di questo insediamento residenziale è costituita dalla sensibilità verso il problema del risparmio energetico, qui assunto come paradigma strutturante l'intero complesso, e risolto attraverso l'introduzione di tecnologie e tecniche costruttive già sperimentate (l'uso di logge e solarium) ed inserite nel progetto con il fine preciso di sfruttarne le potenzialità rispetto all'energia solare che sono in grado di catturare. Fondamentale poi l'obiettivo parallelo a quello del risparmio energetico, quello del comfort dell'abitante, visibile nell'attenzione nella predisposizione degli ambienti e nell'integrazione degli espedienti per l'ottimizzazione dell'energia solare nella costruzione.
Va sottolineata la grande importanza data al settore della ricerca sul solare, che recentemente ha trovato una nuova patria proprio in Germania.

Tratto da:
- *Solarhaus in Coburg*, in Detail, n°3, marzo 2002, p.208.
- http://www.detail.de/Archiv/En/HoleArtikel/4716/Artikel

**SCHEDA 6 – QUARTIERE RESIDENZIALE A KOLDING**

**DATI DELL'INTERVENTO**

**INTERVENTO:** Quartiere residenziale

**LUOGO:** Kolding (Danimarca)

**DATA:** 1998

**PROGETTISTI:** 3XNielsen, Århus
Lars Frank Nielsen, Kim Herforth Nielsen

---

**DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE**

L'insediamento residenziale comprende 59 villette a schiera ed un edificio comunitario, ed era stato presentato al concorso "Environmental friendly construction". Il progetto in questione ha posto grande attenzione al massimo sfruttamento dell'energia solare, e a tal fine l'orientamento delle case è inclinato di circa 15 gradi rispetto al nord (deviazione ottimale per la Danimarca). Particolare attenzione è stata anche data ai tipi di materiali utilizzati in modo da non allontanarsi troppo dalla tradizione costruttiva locale, oltre agli espedienti e alle tecnologie messe in pratica per il raggiungimento dell'obiettivo del risparmio energetico.

Figg. 26 e 27 – Vista delle abitazioni

## TECNOLOGIE

### *ORIENTAMENTO*

Le case in questione presentano un orientamento inclinato di 15° rispetto al nord, in modo da ottimizzare l'apporto solare. Tale inclinazione è risultata la migliore rispetto alle condizioni climatiche della Danimarca.

### *LE FACCIATE*

Le facciate più soleggiate delle abitazioni sono state costruite in mattoni, mentre quelle esposte a sud sono completamente vetrate: una parte di queste ultime costituisce una parete solare (*vertical solar wall elements*) con una superficie di 6 mq e 8.5 mq. Tali elementi, attraverso un'intercapedine d'aria riscaldata dalla radiazione solare, costituiscono una fonte addizionale di energia termica per il riscaldamento centrale dell'edificio comunitario.
La parte inferiore della parete serve per il pre-riscaldamento dell'aria fresca, che viene immagazzinata nel serbatoio di calore dell'edificio. Nei giorni soleggiati l'aria riscaldata viene portata nell'accumulatore fuori della parete solare per mezzo di un ventilatore che restituisce all'interno il calore durante la notte.

### *UTILIZZO DELL'ACQUA*

L'acqua piovana raccolta dalle falde del tetto viene raccolta centralmente e mediante un collettore solare viene riscaldata e condotta nella lavanderia comune per essere riutilizzata.

---

## CONCETTO DI SOSTENIBILITA'

La sostenibilità di questo intervento consiste fondamentalmente nei criteri progettuali e nelle scelte tecnologiche, mirati al **risparmio energetico:**
- **orientamento delle case**
- **diversi materiali a seconda delle diverse condizioni d'insolazione**
- **risparmio energetico attraverso la creazione di una sorta di intercapedine nelle facciate, uno spazio filtro tra esterno e interno.**

Il quartiere residenziale qui esposto rappresenta uno dei tanti esempi di edilizia sostenibile con lo sguardo rivolto verso il risparmio energetico e l'ottimizzazione della risorsa solare per il comfort degli abitanti. È un tema piuttosto sentito soprattutto nel Nord Europa dove le condizioni climatiche costituiscono un ostacolo notevole alla progettazione di edifici con tecnologie per il risparmio energetico: ma forse proprio a partire da questa "sfida" con le avverse condizioni ambientali si è innescata una continua ricerca e una catena di innovazioni tecnologiche in architettura e particolarmente nell'edilizia residenziale che, qui come nel resto d'Europa, è il settore maggiormente responsabile del consumo di risorse tra cui l'energia.
L'analisi di residenze così diverse dalle nostre, come possono apparire a prima vista quelle danesi o nord-europee, per la bassa densità con cui si presentano nei quartieri, ma anche per la tecnologia con cui sono realizzate, può costituire un importante spunto anche per gli architetti del Mediterraneo, e da cui è possibile per lo meno estrapolare alcuni approcci progettuali trasferibili in un contesto così diverso. Per esempio l'attenzione all'orientamento degli edifici, anche se oggi maggiormente considerato anche in Italia, o la scelta consapevole di determinate tecniche costruttive o tecnologie dovrebbe risultare spontanea, e orientata a obiettivi di sostenibilità concreti ed adeguati alle problematiche del luogo in cui si progetta.

Tratto da: - AA.VV. *Housing Estate in Kolding*, in Detail n°6, 2002, pp. 758-761
http://www.detail.de/Archiv/En/HoleArtikel/5011/Artikel

## SCHEDA 7 – QUARTIERE RESIDENZIALE A VIENNA

## DATI DELL'INTERVENTO

**INTERVENTO:** Insediamento residenziale ecologicamente sostenibile

**LUOGO:** Wien 12, Sagedergasse 5a

**DATA:** 1998

**PROGETTISTA:** Georg W. Reinberg

**STATICA:** Dipl.Ing. Lutz

**FINANZIAMENTI:** Sovvenzionamento pubblico

---

## DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE

L'intervento si occupa della costruzione di alloggi con basso consumo energetico, ottimizzazione dell'energia solare anche in condizioni climatiche avverse, uso razionale delle risorse idriche (possibilità di raccogliere acqua piovana), ottimizzazione delle condizioni di irraggiamento solare per tutte le stanze. Il lotto è stretto e orientato longitudinalmente a sud, circondato a est e sud da abitazioni unifamiliari e ad ovest edifici residenziali a cinque e nove piani, divisi dalla Sagedergasse. Per proteggere gli alloggi dall'inquinamento acustico di questa, in testa al lotto è stato realizzato un volume per commercio e terziario.
Gli edifici residenziali si sviluppano su tre piani, mentre l'articolazione è orizzontale in modo da permettere a ciascun alloggio uno spazio all'aperto. Le dimensioni degli alloggi variano da 36 a 130 mq. Al piano terra sono posti gli appartamenti simplex, mentre ai piani superiori (due più soppalco) sono posti quelli duplex.
L'energia solare è stata utilizzata sia dal punto di vista fisico che sensoriale, per ottenere un diretto rapporto con l'esterno: è stato usato l'espediente della serra, importante elemento del risparmio energetico.
Fondamentale nella progettazione di questo intervento di Reinberg è stato il coordinare i requisiti di salubrità, sicurezza e sostenibilità con quelli della forma architettonica e della tecnologia in un nuovo modo di concepire la residenza.

Fig. 28 – Vista laterale delle villette a schiera.

Fig. 29 – Vista dall’alto dell’insediamento

**TIPOLOGIA DELL’INTERVENTO**

Impostazione a schiera.

**ORGANIZZAZIONE**

A piano terra sono posizionati gli alloggi simplex, con affaccio su spazi verdi a est e ovest; ai piani superiori (due più soppalco) sono posizionati alloggi duplex: al piano inferiore la zona notte, con un nucleo centrale costituito da bagni e scale, mentre al piano superiore c’è la zona giorno, con spazio a doppia altezza. In quest’ultimo piano, nella zona più interna, illuminata da una finestra orientata a ovest, vi è il soggiorno; nella zona più illuminata e calda (perché esposta a sud) vi è la zona pranzo e la serra, punto focale di tutto il sistema energetico dell’alloggio.

**TECNOLOGIE:**

***LA SERRA***

Costituisce uno spazio-tampone che si apre verso sud (estendendosi anche verso est ed ovest) ed è l’elemento di continuità tra la zona studio e la zona pranzo, posti su due livelli diversi. Il suo funzionamento si basa sull’effetto serra che si sviluppa all’interno della doppia parete vetrata che la costituisce: la radiazione solare ad onde corte passando attraverso il vetro scalda l’aria interna e le pareti. Il calore viene così emanato da queste pareti con una lunghezza d’onda maggiore, incapace di riattraversare il vetro e rimanendo così intrappolato.
A seconda delle stagioni, e quindi della necessità, tali serre possono avere un diverso funzionamento, grazie ad aperture (manuali o automatiche): in inverno lo scambio di calore accumulato in questo spazio è assicurato da porte-finestre che, aprendosi verso l’interno, permette di cedere calore a tale spazio; in estate invece l’apertura della serra verso l’esterno permette di cedere il calore accumulato durante la giornata, per raffreddare le pareti. Infine, per giorni particolarmente caldi, è stato posizionato uno schermo mobile per ombreggiare la serra. La forma della serra e della copertura è curvilinea per ottimizzare l’ingresso della radiazione solare nelle ore centrali e minimizzare l’ombreggiamento sui corpi retrostanti a fine giornata.

***CONDIZIONAMENTO NATURALE***

A questo fine sono stati utilizzati dei canali di ventilazione naturale. L'aria esterna viene convogliata in un condotto posto a 1,5 m di profondità (lungo 46 m e largo 48 cm) che sfrutta l'inerzia termica della terra (a quella profondità la terra ha infatti una temperatura costante che si aggira attorno ai 21°) e preraffresca l'aria in estate e la preriscalda in inverno. Essa in questo modo viene introdotta nell'alloggio attraverso canalizzazioni verticali ubicate a ridosso dei servizi.
Al piano interrato è stata posizionata una pompa a recupero di calore, per prelevare il calore dell'aria esausta aspirata attraverso gli ambienti umidi dell'alloggio (ossia bagni e cucine). Il calore immagazzinato serve per raffrescare o riscaldare ulteriormente l'aria derivante dal condotto sotterraneo.
Tutto il sistema di ventilazione può essere controllato automaticamente e tarato dagli abitanti: sensori termici e di $CO_2$, posto nella serra e negli alloggi, consentono di rilevare temperatura e purezza dell'aria, e azionare l'apertura di finestre o l'immissione di aria (calda o fredda).
È stato preventivamente simulato il funzionamento di tale impianto, in modo da valutare il rendimento termico e il conseguente risparmio energetico. In questo modo, confrontando questi costi con i quelli d'impianto ha stabilito l'ammortamento in 4 anni.

### *MATERIALI*

I materiali sono stati scelti nell'ottica del un minor impatto ambientale possibile. I muri sono costruiti con blocchi di laterizio alleggerito ricoperti da un isolamento a cappotto in lastre di polistirolo (spessore 10 cm).
Le finestre e la serra hanno telai in legno e vetrocamera con coefficienti di rifrazione K=1,1 e K=1,7 rispettivamente.
La copertura è costituita da una soletta in cemento armato (spessore 20 cm) con un rivestimento in lastre metalliche.
All'interno le masse di accumulo sono costituite dalle solette in cemento armato ricoperti da una cappa di calcestruzzo alleggerito, materassino isolante, caldana e pavimento in parquet di faggio.

### *COLLETTORI SOLARI E PANNELLI FOTOVOLTAICI*

I collettori solari sono stati collocati alla testa del lotto, sull'edificio per uffici. La loro inclinazione è di 35°, per una superficie totale di 56 mq. Il calore accumulato in un anno è pari a 408 $kWh/m^2$ e fornisce il 64% del fabbisogno annuale; viene immagazzinato in un serbatoio d'acqua di 1500 l, il quale è in grado di fornire acqua calda ad una temperatura di 55°C.
I pannelli fotovoltaici nel progetto occupano una superficie di 39 mq e fornirebbero ulteriore energia, ma non sono ancora stati realizzati per l'alto costo di impianto

---

## CONCETTO DI SOSTENIBILITA'

Il concetto di sostenibilità sotteso in questa realizzazione consiste in una progettazione che analizzando le condizioni locali, ricerca il rapporto migliore tra forma e volume, ottimizza la luce e ne sfrutta i vantaggi creando zone termiche e conseguenti masse di accumulo come serre e giardini d'inverno, recupera il rapporto tra l'uomo e l'ambiente attraverso la costruzione di uno spazio ad **elevata qualità ambientale**. Dunque progettare *per* ma soprattutto *con* il fruitore, occupandosi della questione "sostenibilità" anche ma non solo attraverso il risparmio energetico, la scelta dei materiali, l'uso della radiazione solare: occorre prestare attenzione anche alla qualità indoor e outdoor per

raggiungere l’obiettivo di un edificio indipendente ed autonomo, nel rispetto dell’ambiente.
Il complesso realizzato risente molto della visione sostenibile ed “ecologica” del suo progettista, Georg W. Reinberg, il quale ha cercato una concreta integrazione tra le condizioni locali, la forma architettonica, e tecnologie che mirino sia al **risparmio energetico** e al **rispetto dell’ambiente**, sia al **comfort interno** degli abitanti. Quelle utilizzate sono:

- **Collettori solari**
- **Pannelli fotovoltaici**
- **Serra**
- **Condizionamento naturale**

Inoltre grande rilevanza assume la possibilità per ciascun utente dell’appartamento di regolare a seconda delle reali possibilità il riscaldamento/raffrescamento dell’unità abitativa, riducendo così gli sprechi.
Tale realizzazione è uno degli esempi concreti di fattibilità della sostenibilità in architettura, e introduce un nuovo modo di intendere la residenza per un rapporto e una fruizione migliori del luogo.
In questo caso poi “sostenibilità” è stata tradotta sì in risparmio energetico, ma anche in una ricerca formale attenta e consapevole, ottenendo così buoni risultati di presenza urbana ed ambientale, nonché di ricerca tecnologica rispondente alle nuove esigenze.

Tratto da:
- Renato Cervini, Carla Chiarantoni, *Vienna: una residenza ecologicamente sostenibile*, in AA.VV. *Costruire sostenibile: l’Europa*, Alinea Editrice, Firenze, 2002, pp. 148-155.

**SCHEDA 8 – QUARTIERE RESIDENZIALE A INNSBRUCK**

## DATI DELL'INTERVENTO

**INTERVENTO:** Complesso residenziale

**COMMITTENTE:** Neue Heimat Tirol

**LUOGO:** Innsbruck (Austria)

**DATA:** 1996-1997 progetto
1998-2000 realizzazione

**PROGETTO:** Architekturbüro B & E GmbH

**PROGETTISTI:** Carlo Baumschlager, Dietmar Eberle

**DATI DIMENSIONALI:** 20509 $m^2$ superficie totale
106709 $m^3$ volume totale

**COLLABORATORI:** H. Bachmann, R. Drexel, I. Kellner, A. Kupsky, M. Ohneberg, C. Tabernigg.

**STRUTTURE:** Max Wallnöfer; Fritzer & Saurwein

**IMPIANTI:** Kurt Haidsengst, Rum (impianti idraulici)
TB Obwieser, Absam/Hall (impianti elettrici)

**IMPRESA:** Porr AG

**CONSULENTI:** Gerhard Zweier (project managment); GMI Ingenieure (energetica); Kienast, Vogt & Partner (architettura del paesaggio)

**FINANZIAMENTO**: Progetto "Case a basso consumo energetico in Tirolo"

**CARATTERISTICHE DELL'INSEDIAMENTO:**
- 6 edifici con tipologia identica ma volumi degradanti per favorire la penetrazione della radiazione solare
- 289 unità abitative suddivisi in 5 tipologie (34 monolocali, 82 bilocali, 131 trilocali, 50 quadrilocali, 1 spazio aggregativo per anziani)
- 1000 abitanti insediati circa
- 78 alloggi in affitto
- 197 alloggi in proprietà
- 23 alloggi per anziani

## DESCRIZIONE DELL’OPERA

Fig. 30 – Particolare delle chiusure in facciata

Il complesso residenziale è stato realizzato a seguito di un concorso, bandito soprattutto per una corretta gestione della qualità del progetto, ed è costituito da 6 palazzine di altezza variabile tra 5 e 7 piani. Le aperture di tutti gli edifici sono costituite da porte finestre che permettono di accedere a terrazze e balconi che circondano la struttura. Persiane di rame e parapetti in vetro hanno la doppia funzione di schermare la luce solare e garantire privacy agli occupanti. Da tutte le palazzine è possibile raggiungere il parcheggio sotterraneo.
Questo intervento si caratterizza per l’elevato risparmio energetico relativo agli impianti di riscaldamento e alla fornitura d’acqua calda, che si aggira attorno al 70%.

## TIPOLOGIA DELL’INTERVENTO

Il progetto al concorso prevedeva sei differenti tipologie per i sei edifici, fino a decidere per un’unica, al fine anche della ottimizzazione tecnico-economica. La tipologia compatta deriva da un attento studio, effettuato tramite simulazione a computer, delle influenze reciproche tra i vari organismi edilizi in estate e inverno, al fine di ottimizzare la regolazione della radiazione termica e luminosa incidente e minimizzare la dispersione di calore nei periodi freddi.

## TECNOLOGIE:

### *LA DOPPIA PELLE*

Lo schema funzionale è costituito da una prima pelle esterna non sigillante (costituita dagli scuri e dai parapetti), e da una seconda che è la vera e propria chiusura verticale dell’ambiente interno: in questo modo si ottiene un’intercapedine con parametri ambientali intermedi tra interno e esterno. La prima pelle inoltre, data la sua conformazione e la sua mobilità, permette di cambiare esternamente l’aspetto della costruzione, oltre ad aumentare la flessibilità degli spazi. L’uso della doppia pelle acquista un valore maggiore dal momento che viene pensata ed applicata ad un edificio a destinazione residenziale, in modo inconsueto, ma che può aprire una nuova strada per l’innovazione nel settore abitativo.

### *SISTEMA DI RISCALDAMENTO E PRODUZIONE DI ACQUA CALDA*

Per fornire acqua calda senza sovraccaricare le piccole pompe di calore presenti in ogni appartamento (che non lavorano adeguatamente se la temperatura dell’aria esterna è minore di 5°), ed evitare condensa nel condotto di estrazione dell’aria viziata laddove avviene lo scambio di calore con l’aria in entrata, occorre riscaldare prima quest’ultima. Al posto di collettori interrati, sono stati utilizzati degli accumulatori solari ad acqua

posto agli angoli dell'interrato: in questo modo è possibile regolare la temperatura. Inoltre in estate, a riscaldamento spento, l'acqua può essere riscaldato per uso domestico. L'aria esterna viene pescata dal tetto e preriscaldata in inverno fino a 0°÷10°C; se l'apporto solare non è sufficiente, entra in funzione un radiatore a gas. Negli alloggi poi la stessa aria è portata da un altro apparecchio a 16÷20°C, apparecchio che fornisce calore ricavato dal condotto di estrazione dell'aria viziata, in modo che l'80% dell'energia termica di questo flusso in uscita a 20÷22°C venga recuperato. L'aria viene poi distribuita, attraverso condotti interni ai solai, alle singole stanze e recuperata, viziata, nel bagno e nella cucina, per mezzo di aerotermi di dimensione contenuta. Ogni alloggio è dotato di un calorifero supplementare, per impieghi saltuari. Il riscaldamento solare dell'acqua per uso domestico avviene grazie al collettore solare di 140÷190 mq per edificio e l'accumulatore solare di 80÷150 $m^3$ (sempre per edificio). Nel periodo estivo l'acqua viene portata a 40÷60°C nell'accumulatore e trasportata ai singoli boiler dei bagni, dove può ricevere un ulteriore innalzamento termico grazie alla pompa di calore che garantisce rispetto al boiler un risparmio medio del 65%.

## MALFUNZIONAMENTI E DIFETTI

La prima difficoltà riscontrata è stata quella di integrare, in un modello tradizionale quale quello della residenza, novità tecnologiche e tipologiche.
I malfunzionamenti lamentati dagli abitanti, in questi mesi di esercizio, sono:
- ***Costi elevati di energia elettrica***, dovuti ad anomalie nel funzionamento dei pannelli solari e nella gestione degli impianti autonomi (pompe di calore elettriche), cui si è dovuto sopperire mediante fornitura elettrica esterna.
- La decentralizzazione degli impianti comporta ***maggiore richiesta manutentiva***.
- ***Eccessivo rumore*** dovuto alla chiusura, più o meno concomitante, delle ante degli scuri esterni.
- Le persiane metalliche, essendo scure, sono ***soggette al surriscaldamento*** e scottano al tatto.
- ***Le pareti divisorie***, in cartongesso, ***non permettono un adeguato livello di attrezzabilità*** (es. non possono essere appesi quadri) e di comfort acustico.

## VANTAGGI

- ***I sistemi di riscaldamento e di produzione di acqua calda*** praticamente non utilizzano la combustione, e risultano così ad ***emissione inquinante minima***.
- La decentralizzazione degli impianti permette la ***personalizzazione delle condizioni ambientali.***
- Le strette, ma sufficienti soluzioni di continuità tra lastra e lastra dei parapetti in vetro e fra anta e anta delle persiane, permette un livello minimo (ma strategico) di aerazione delle logge, costituendo uno ***spazio filtro a temperatura e microclima intermedio tra l'esterno e l'interno***.
- Le pareti in cartongesso sottraggono solo una minima superficie utile.

---

## CONCETTO DI SOSTENIBILITA'

La sperimentazione della sostenibilità nell'insediamento residenziale qui esaminato consiste nella volontà di concepire l'edificio come una macchina efficiente per abitare. In particolare questo si concretizza nell'attenzione a:

- **controllo bioclimatico**
- **risparmio energetico**
- **innalzamento qualità interna degli ambienti (tutela salute abitanti)**
- **uso di materiali legati al luogo e con invecchiamento simile a quello naturale**
- **recupero acqua piovana**

Tutto questo senza tralasciare l'attenzione all'aspetto architettonico e all'immagine esteriore del complesso, costituendo un ulteriore elemento positivo.

Il caso studio qui descritto presenta caratteristiche interessanti dal punto di vista della sostenibilità, soprattutto perché è un tentativo (riuscito) di integrare dei modelli tecnologici e tipologici innovativi in un settore dell'architettura solitamente tradizionalista e restio ai cambiamenti. Nonostante piccoli difetti lamentati dagli utenti, non ancora perfettamente abituati alle innovazioni inserite nelle palazzine, i risultati di una progettazione attenta, semplice ma precisa fino al dettaglio, sono molto interessanti e positivi: innanzitutto la capacità di applicare nel progetto alcuni criteri di sostenibilità, concretizzandoli in modo da renderli percepibili direttamente dall'utenza, coinvolta attivamente nella vita dell'organismo edilizio.
La possibilità di usufruire di alcuni finanziamenti statali ha permesso la scelta di alcuni materiali di alta qualità, solitamente non utilizzati nell'edilizia residenziale economica, aiutando ad innalzare così lo standard di qualità anche estetica del complesso.

Tratto da: *Baumschlager + Eberle*, in Casabella, n°698, 2002, pp. 54-61.
Pietromaria Davoli, *Il controllo ambientale si fa immagine architettonica,* in AA.VV. *Costruire sostenibile: l'Europa,* Alinea Editrice, Firenze, pp. 162-171.
AA.VV., *Points Blocks in Innsbruck,* in Detail, n.3, 2002, pp. 230-253

**SCHEDA 9 – QUARTIERE RESIDENZIALE A VIKKI**

**DATI DELL'INTERVENTO**

**INTERVENTO:** Insediamento residenziale eco-compatibile

**ORGANIZZATORE:** Amministrazione locale

**LUOGO:** Vikki (Finlandia)

**DATA:** 2002

---

**DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE**

L'insediamento di Vikki costituisce un importante modello di progettazione urbana sostenibile, una sperimentazione voluta dopo il lancio del Programma Nazionale di Sviluppo da parte del Governo finlandese e del Programma di pianificazione territoriale della città di Helsinki. L'iniziativa è denominata "Environmental Technology in Construction-Programme" e si è concretizzata nel progetto di Vikki "Ecological Community Project", che ha avuto come obiettivo quello di riqualificare la periferia della capitale mediante un nuovo insediamento di più di 1000 ettari, costituito da tre entità:
- Un parco tecnologico ed universitario (specializzato in biologia e biotecnologia)
- Un parco naturale protetto
- Quartiere residenziale ecologico per circa 13000 abitanti

Questo è il risultato di due concorsi di architettura: il primo ha determinato il layout dell'area in termini di struttura urbana, densità, funzioni ed economia. Il secondo ha determinato invece caratteristiche tipologiche e costruttive.

**TECNOLOGIE**

Le principali tecnologie utilizzate al fine soprattutto del risparmio energetico sono:
- Moduli fotovoltaici, integrati architettonicamente sui tetti delle case.
- Riscaldamento solare passivo combinato con quello centralizzato per ogni proprietà. I sistemi si avvalgono di tecnologie a bassa temperatura, come pannelli radianti.
- Isolante termico per gli involucri esterni
- Tecnologie di ventilazione passiva e attiva
- Uso di collettori solari, che d'estate producono l'acqua calda richiesta più quella necessaria al riscaldamento dei pannelli radianti.
- Veranda vetrata in ogni appartamento per pre-riscaldare l'aria nel periodo invernale.

**IL METODO DI VALUTAZIONE PIMWAQ**

Si tratta di un metodo che definisce i livelli ecologici minimi per le costruzioni, valutandone il grado di possibile realizzazione. Essi sono stati dimensionati sulla base della reale applicabilità, che si traduce in un livello minimo e ragionevole di costo supplementare.
I principi su cui si basa questo metodo sono quelli della "deep ecology", che sottintendono una sostanziale "non-legittimità" dell'uomo sulla natura.
Tale metodo ha quattro livelli di valutazione per il raggiungimento della qualità ambientale:

1.Applicazione di un valore minimo di criteri ecologici applicabile a tutti i progetti
2.Progetti concorso significativi da cui ottenere risultati elevati
3.Edifici che rappresentano la costruzione ecologica in materia integrale
4.Studi e informazioni da fornire per progetti già in costruzione

In particolare le cinque problematiche esposte nel paragrafo precedente si traducono, in questo sistema di valutazione, in:

- ***Controllo del livello di inquinamento***: controllo della produzione di $CO_2$, uso di acque riciclate, riciclo rifiuti domestici e da costruzione, uso materiali Eco-Label.
- ***Uso di risorse naturali***: riduzione uso combustibili fossili e energia per riscaldamento, energia elettrica.
- ***Controllo della salute***: verifica condizioni termo-igrometriche interne, esposizione al rumore, controllo orientamento del sito rispetto a vento e sole.
- ***Controllo della bio-diversità***: mantenimento dei biotopi esistenti e creazione di nuovi (compatibili con quelli esistenti), riciclo acque piovane.
- ***Incentivazione all'autoproduzione alimentare***: coltivazione di orti e giardini ed eco-gestione dei suoli.

Il metodo PIMWAQ è basato sul punteggio di prestazione che ogni singolo edificio riesce ad ottenere, secondo gli eco-criteri stabiliti, paragonati a quelli di un edificio di riferimento. I valori di riferimento sono quelli di un edificio residenziale nuovo e tipico costruito nell'area di Helsinki. Il minimo richiesto rappresenta un 10-30% di miglioramento del comportamento ambientale rispetto all'edificio di riferimento. Il punteggio dei singoli criteri è basato su calcoli quantitativi o sulle valutazioni delle caratteristiche qualitative.

Un esempio: se in un edificio l'emissione di $CO_2$ si aggira attorno ai 3200 $kg/m^2$/anno (ossia –20% rispetto ad un edificio tipo finlandese), secondo il metodo PIMWAQ sarà 0. se però il valore di $CO_2$ viene ridotto al 33%, si ottiene un punto, dimostrando di avere utilizzato energia rinnovabile. Per arrivare ai 2 punti, la riduzione necessaria è del 45%, implicando l'uso di zone-tampone, sistemi solari attivi etc.

---

**CONCETTO DI SOSTENIBILITA'**

In particolare per quanto riguarda il polo residenziale, i criteri di progettazione sono stati:

- ***uso di risorse naturali***
- ***risparmio energetico***
- ***impiego di risorse rinnovabili***
- ***controllo dell'eliminazione dei rifiuti e emissioni dannose***

I criteri guida sono stati definiti da una commissione interdisciplinare, e finalizzati a indirizzare le valutazioni tecniche degli edifici pilota e ridurre i carichi ambientali: essi definiscono il livello minimo di requisiti per ogni progetto, in riferimento a cinque aspetti:

- inquinamento
- risorse naturali
- salute
- bio-diversità

- crescita alimentare

Gli standard sono stati definiti con parametri molto rigidi rispetto alle costruzioni tradizionali: la stima dei sovraccosti necessari non deve essere superiore al 5% dell'investimento totale, e devono essere recuperati grazie alla riduzione dei consumi energetici globali. È stato poi appositamente studiato un metodo di valutazione, il PIMWAQ, per verificare l'efficacia dei progetti di Vikki.
Ad 8 km da Helsinki, questo insediamento residenziale sperimenta le potenzialità dello sviluppo sostenibile a scala urbana a partire da criteri chiari stabiliti appositamente e preventivamente. L'obiettivo significativo che differenzia questo intervento dagli altri è la creazione di uno strumento per la valutazione oggettiva della sostenibilità degli edifici, che può costituire un importante precedente cui attenersi nella progettazione di edifici residenziali rispettando l'ambiente. Inoltre da sottolineare è la politica nazionale finlandese che ha costituito un fondamentale input per la sperimentazione.

Tratto da: - Paola Gallo, Alain Lusardi, *La Finlandia, terra di sperimentazione per la sostenibilità: il nuovo insediamento residenziale eco-compatibile a Vikki*, in AA.VV. *Costruire sostenibile: l'Europa*, Alinea Editrice, Firenze, 2002, pp. 226-231.

**SCHEDA 10 – QUARTIERI RESIDENZIALI IN OLANDA**

## DATI DELL'INTERVENTO

**INTERVENTO:** Quartieri residenziali (Nieuw Terbregge)

**COMMITTENTE:** Città di Rotterdam

**PARTICOLARITA':** Collaborazione tra settore pubblico e privato

**LUOGO:** Rotterdam (Olanda)

**DATA:** 1999-2003 (data prevista di conclusione lavori)

**PROGETTISTI:**
- KOW stedenbouw en architectuur
- Molenaar & Van Winden architecten
- Mecanoo architecten
- SCALA Architecten

**CARATTERISTICHE DEGLI ALLOGGI (PRIMA FASE):**
- 47 appartamenti appartenenti al soggetto pubblico
- 88 appartamenti costruiti da soggetto pubblico per proprietari privati (costo indicativo 80000 €)
- 78 appartamenti a prezzo medio (a partire da 106000 €)
- 292 appartamenti a prezzo alto (tra 136000 € e 320000 €)

---

## DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE

Per inquadrare sotto tutti i suoi aspetti questo insediamento occorre analizzare i diversi contesti in cui è stato realizzato: dal punto di vista economico-finanziario, normativo, architettonico.
La città di Rotterdam è una delle più attive sotto il profilo dello sviluppo urbano sostenibile: già nel 1997 era possibile ottenere un finanziamento pari a 240 € per ogni alloggio costruito con determinati standard ecologici. Questa iniziativa è continuata l'anno successivo con la collaborazione tra la municipalità e alcuni partners del comparto edilizio per la pianificazione, la costruzione di nuovi edifici e la ristrutturazione del patrimonio edilizio esistente secondo i canoni della sostenibilità. Le parti in questione promuovevano inoltre la sperimentazione e la diffusione della conoscenza delle pratiche da loro utilizzate.
Il quartiere Nieuw Terbregge nella sua prima fase realizzativa è un progetto dimostrativo che appartiene all'iniziativa RE-Start (Renewable Strategies and Technology Applications for Regenerating Towns) all'interno del Programma Europeo Thermie. Per parteciparvi le città europee (otto in tutto) dovevano garantire almeno il 25% di riduzione nell'uso di energia e un buon livello di comfort.
In questo caso, per rientrare nel progetto RE-Start le abitazioni e tutta l'area sono continuamente monitorare per verificarne l'efficienza energetica e il comfort alle diverse scale. In particolare sono tenuti sotto controllo:
- Uso dell'energia: riscaldamento ed elettricità
- Emissione di $CO_2$

- Comfort e percezione degli abitanti
- Accumulo di calore all'interno degli appartamenti
- Risultati dell'integrazione tra il riscaldamento a bassa temperatura e altre fonti energetiche
- Perdite del sistema di riscaldamento collettivo
- Effetti dei sistemi solari di riscaldamento
- Funzionamento di tecnologie innovative (pompa di calore, serre, sistemi solari di riscaldamento etc.)
- Impianto dell'acqua calda
- Risparmio di acqua
- Manutenzione degli alloggi e degli impianti

A questo proposito a tutti gli abitanti del quartiere viene consegnato un manuale contenente informazioni specifiche sulle installazioni e le caratteristiche del loro appartamento. La pubblicazione del manuale è stata finanziata dalla municipalità e dai proprietari privati dell'area.

**DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO**

Il quartiere Nieuw Terbregge occupa una vasta area vicina la fiume Rotte da cui la stessa città ha preso il nome. Tra il 1999 e il 2003 dovrebbero essere stati realizzati circa 860 alloggi.
L'insediamento è protetto da un lato da una collina di sabbia adibita a parco, che riduce l'inquinamento acustico proveniente dalla vicina strada ad alta percorrenza, mentre dall'altro lato si affaccia sul fiume Rotte. L'orientamento degli edifici è verso sud, per consentire l'impiego di sistemi di energia solare attiva e passiva integrati con particolari impianti termici. In tutto il quartiere la velocità massima per gli autoveicoli è 30 km/h, e viene favorita la circolazione di biciclette e pedoni attraverso percorsi protetti che collegano l'area con il centro città e altre aree ricreative.
La maggior parte degli edifici ha dei collettori solari che rispondono alla domanda giornaliera di acqua calda e sono dotati di componenti tecnologici ad alto isolamento termico. Il calcolo del Coefficiente di Prestazione Energetica (EPC – o EP Standard, ossia Energy Performance Standard), che misura l'efficienza energetica degli edifici, è risultato infatti inferiore a quello di legge.
Il materiale più utilizzato è il legno, mentre rame e zinco e i prodotti poliuretanici sono stati banditi. Si è inoltre cercato di limitare gli sprechi di materiale.
In particolare la prima fase è consistita nella costruzione di 500 edifici suddivisi in diversi quartieri di 80-120 costruzioni ciascuno, ognuno con una struttura, tipologia e strategia energetica diverse dagli altri.
In particolare gli edifici progettati dallo studio KOW, con tipologia a schiera, hanno collettori solari installati sugli elementi sporgenti dei vani scala.
Quelli invece dello studio Molenaar & Van Winden hanno collettori solari che forniscono acqua calda e riscaldamento.
Il progetto invece dello studio Mecanoo architekten è costituito da due stecche di edifici accostati che si affacciano su uno spazio esterno di socializzazione.

Tutti gli alloggi godono di un elevato soleggiamento, in modo tale da ridurre la domanda di energia. L'orientamento a sud di gran parte delle finestre permette infatti di sfruttare in modo passivo l'energia proveniente dal sole.

## TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO

Prevalentemente case con tipologia a schiera.

## TECNOLOGIE

### *SISTEMA DI FITODEPURAZIONE*

L'acqua inquinata del fiume Rotte viene introdotta nell'area attraverso un sistema di fitodepurazione. Le acque meteoriche raccolte da coperture e percorsi secondari vengono incanalate e separate da quelle provenienti dai manti stradali carrabili.

## VIABILITA'

Nelle strade carrabili la velocità massima consentita è di 30 km/h. Esiste un sistema di piste pedonali e ciclabili che collega i quartieri tra loro e con il centro della città. I parcheggi sono semi-interrati.

## RISCALDAMENTO

Il riscaldamento delle abitazioni è centralizzato, alcune hanno una produzione di calore combinata, altre pompe di calore e sistemi solari, altre ancora hanno sistemi solari individuali supportati con caldaie a condensa.

---

## CONCETTO DI SOSTENIBILITA'

Questi quartieri dimostrano l'applicazione di tecnologie per il risparmio energetico su edifici residenziali. Con questo progetto la città di Rotterdam ha partecipato al progetto RE-Start, finanziato dal programma europeo THERMIE (che coinvolge 8 città europee nella ricerca di strategie e applicazioni tecnologiche per il risparmio energetico e l'uso di fonti di energia rinnovabili a scala urbana).
L'obiettivo di sostenibilità per questo quartiere può essere analizzato sotto diversi aspetti: quello dell'architettura, del comfort, nonché della breve distanza da aree ricreative e dal centro della città. In particolare per gli edifici l'obiettivo era costruire 900 abitazioni (500 nella prima fase) con tecnologie per il risparmio energetico, rispondendo anche a requisiti di qualità architettonica, socio-economica ed ambientale.
Dunque la strategia dell'intervento può essere riassunta attraverso i seguenti obiettivi:

- ***Risparmio energetico (uso di collettori solari etc.)***
- ***Uso di materiali eco-compatibili***
- ***Riduzione dell'uso della risorsa acqua***
- ***Incremento aree permeabili***
- ***Sistema di mobilità leggera***
- ***Uso di sistemi di energia solare***

L'importante traguardo raggiunto con questo insediamento sperimentale a Rotterdam è stato quello di aver lavorato partendo dalla scala urbana, con una grande consapevolezza che la sostenibilità non si traduce esclusivamente nella costruzione di edifici con tecnologie per il risparmio energetico: si avverte la necessità di operare a scale maggiori per amplificare i risultati e avviare politiche di sviluppo incentrate su diversi aspetti del

vivere, non esclusivamente dell'abitare. Questo è stato permesso in particolare dai finanziamenti per le ricerche e le applicazioni sperimentali voluti dall'Unione Europea, ma sarebbe auspicabile che invece di restare una pura sperimentazione diventasse un modello concreto da cui partire per il futuro. Inoltre la collaborazione tra soggetto pubblico e privato e il coinvolgimento dell'utenza nel processo di informazione/formazione costituisce un importante precedente cui rifarsi per eventuali sperimentazioni analoghe in qualsiasi altro Paese europeo.

Tratto da:

- Clara Masotti, *Esperienze di edilizia residenziale sostenibile in Olanda*, in AA.VV. *Costruire sostenibile: l'Europa*, Alinea Editrice, Firenze, 2002, pp. 190-193.
- http://www.egbf.org/PDFs/terbregge.PDF

## SCHEDA 11 – QUARTIERE RESIDENZIAE AD AMERSFOORT

## DATI DELL'INTERVENTO

**OPERA:** Quartiere residenziale (Nieuwland)

**ORGANIZZATORE:** Collaborazione integrata tra amministrazione pubblica, società di ingegneria e consulenza, architetti e utenti

**LUOGO:** Amersfoort (Olanda)

**DATA:** 1999

**PROGETTISTI:** Claus en Kaan Architecten
Galis Architektenburo BNA
Wissing Stedebouw en Ruimtelijke Vormgeving
Architectenbureau Ban Straalen
Van den Berg Architekten Utrecht bv
Atelier Z

---

## DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE

L'intervento qui descritto è il primo realizzato a scala urbana in Olanda, progettato con criteri sostenibili, ed è suddiviso in tre quartieri:
- Stadskwartier
- Waterkwartier
- Hoge Hoven e Lage Hoven

In un disegno urbano che tiene conto del sistema idrico pre-esistente, l'orientamento degli edifici è prevalentemente rivolto verso sud per utilizzare l'energia solare per diverse funzioni (produzione di acqua calda, riscaldamento, produzione di energia elettrica).
In particolare nel Waterkwartier, posto a nord del Nieuwland, è stato realizzato il **Progetto 1MW PV,** con l'installazione di pannelli fotovoltaici integrati sia dal punto di vista estetico che strutturale.

Vengono qui descritti alcuni interventi realizzati sulla base di tale progetto:

**Progetto di Claus en Kaan Architecten:**
96 abitazioni, che in copertura possono contenere sette pannelli fotovoltaici dal colmo alla gronda. La scelta tecnologica ha in questo caso influenzato quella tipologica, dal momento che il tetto a falde ha pendenze asimmetriche per consentire l'ingresso dei raggi solari anche nei giardini più piccoli che separano a sud gli edifici dai percorsi di distribuzione. Internamente, la zona giorno, in quanto rivolta a sud, permette lo sfruttamento dell'energia termica e della luce solare.

**Progetto di Galis Architektenburo BNA**.

Le abitazioni sono state realizzate su due livelli: ogni piano ha dimensione 9x10 m e si sviluppa ad U attorno ad una hall d'ingresso, contenente il vano scala. Questo è sovrastato da un lucernario di dimensioni variabili a seconda dell'esposizione delle abitazioni: in quelle rivolte a nord, ha infatti dimensioni maggiori, per ottimizzare l'uso

della luce naturale al fine di illuminare gli spazi interni, anche quelli direttamente adiacenti al vano scale (attraverso porte vetrate).
Esternamente, le facciate rivolte a nord sono state realizzate con vetri colorati e rivestimenti isolanti. Quelle a sud, invece, hanno ampie superfici vetrate che sfruttano l'energia solare. I pannelli fotovoltaici risultano nascosti alla vista.

Gli altri progetti del quartiere sono stati realizzati da:
- Wissing Stedebouw en Ruimtelijke Vormgeving
- Architectenbureau Ban Straalen
- Van den Berg Architekten Utrecht bv
- Atelier Z, che ha sperimentato in particolare delle lamelle di vetro orientabili rivestite di celle fotovoltaiche. Queste, rivolte verso sud, sono in grado di ridurre il surriscaldamento estivo; in inverno invece permettono ai raggi di penetrare all'interno dell'ambiente favorendo il riscaldamento e l'illuminazione naturale.

**IL PROGETTO 1MW PV.**
Il progetto nasce da una collaborazione tra l'ente per l'energia elettrica olandese REMU, la società di eco-consulenza Ecofys e l'ente italiano per l'energia elettrica ENEL. È stato finanziato dal NOVEM (Netherlands Agency for Energy and Environment) e dal programma Thermie. Si tratta dell'installazione di 12000 mq di p.v. su 500 abitazioni ed edifici di servizio, con una produzione annuale di 1MWh di elettricità, in modo da sperimentare l'applicazione dell'energia solare a scala urbana (da cui una riduzione dei costi di installazione), nonché la applicabilità dell'ingegneria elettronica all'architettura.
In questo progetto i soggetti coinvolti (autorità locali, architetti, ingegneri, urbanisti, costruttori, utenti) vengono sensibilizzati all'impiego di risorse rinnovabili e alla ricerca di soluzioni sostenibili secondo una metodologia operativa di progettazione interdisciplinare.
I pannelli fotovoltaici sono stati forniti da diverse società europee e sono rimasti di proprietà della REMU, che ha stipulato accordi particolari con i proprietari e gli utenti delle abitazioni. Ogni abitazione è dotata di un sistema di controllo di qualità (GRS-pv: Guaranteed Results of the pv system), che indica l'efficienza del sistema fotovoltaico installato e fornisce le informazioni necessarie all'utenza in fase d'utilizzo e manutenzione.

---

**CONCETTO DI SOSTENIBILITA'**
Considerando in particolare il quartiere Waterkwartier, il concetto di sostenibilità è stato tradotto principalmente nell'applicazione del progetto sopra descritto, con la ***sperimentazione dell'energia fotovoltaica*** nelle abitazioni, tecnologia ancora poco diffusa in tale settore. Importante in ogni caso è stata anche la collaborazione tra le diverse figure professionali chiamate ad operare.
Per quanto riguarda invece considerazioni di tipo più generale, il quartiere costruito ad Amersfoort è un tipico esempio di prototipo, a scala urbana, di applicazione di un particolare criterio e tecnologia sostenibile sull'abitazione residenziale. Come già accennato l'attenzione risulta essere focalizzata sulla tecnologia fotovoltaica, le sue prestazioni, e soprattutto la sua possibilità di essere integrata nell'architettura come un componente esteticamente valido. Rimane la difficoltà di applicare praticamente tali tecnologie in insediamenti residenziali al di fuori dei progetti e dei finanziamenti particolari come in questo caso.

Tratto da: - Clara Masotti, Esperienze di edilizia residenziale sostenibile in Olanda, in AA.VV. Costruire sostenibile: l'Europa, Alinea Editrice, Firenze, 2002, pp. 188-190.

**SCHEDA 12 – PASSIVHAUS A CHIGNOLO D'ISOLA**

DATI DELL'INTERVENTO

**INTERVENTO:** Abitazione plurifamiliare

**LUOGO:** Chignolo d'Isola – Bergamo (Italia)

**DATA:** 2003

**PROGETTO:** Studio Brandolini – Valdameri

**REALIZZAZIONE**: Studio Vanoncini S.p.A

**STRUTTURE:** Ing.G.P. Imperadori

**IMPIANTI:** Ing. Silvestri

**DATI DIMENSIONALI:** 20509 $m^2$ superficie totale
106709 $m^3$ volume totale

**COLLABORAZIONE:** Politecnico di Milano - Dipartimento BEST (Building Environment Science & Technology) - Prof. Ettore Zimbelli, Ing. Gabriele Masera

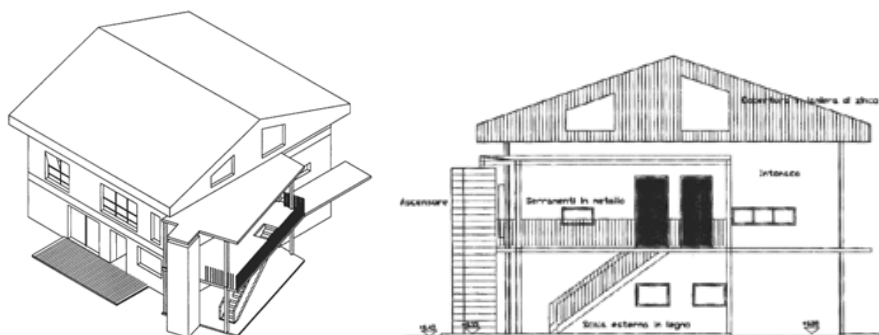
---

**DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE**

L'abitazione plurifamiliare a Chignolo d'Isola (Bg) qui descritto è il primo esempio di Passivhaus in S/R, in Italia, realizzato attraverso tecniche progettuali e costruttive per la realizzazione di involucri, solai e tetto, che garantiscono isolamenti tali da rendere pressoché nullo il fabbisogno di riscaldamento in inverno ed eliminare la caldaia, in favore di un impianto tecnologico di ricambio d'aria alimentato da pompe di calore e da un impianto fotovoltaico. Esteticamente le facciate esterne sono rifinite in intonaco, lo zoccolo è in pietra e la copertura è in rame, interpretando così in chiave moderna la tipologia delle case nell'intorno.

*Pianta aerofogrammetrica di Chignolo d'Isola.*

Fig. 31 – Aerofotogrammetrico del Comune di Chignolo d'Isola

La palazzina si trova all'interno di un quartiere di recente lottizzazione residenziale in via Valochere a Chignolo d'Isola (Bergamo), con cui condivide alcuni caratteri compositivi fondamentali quali l'altezza, la distanza dalla strada e la pendenza delle coperture. L'intervento è costituito da quattro unità immobiliari e comprende un piano interrato con il garage, un piano terra, un primo piano e un sottotetto.
I due appartamenti posti a piano terra hanno accessi separati dall'esterno, così come quelli al primo piano; i sottotetti invece sono raggiungibili tramite le scale interne ai due appartamenti al primo piano.
Una struttura esterna, in acciaio e legno, contiene una scala e un ascensore che collegano tra di loro i piani abitabili con il piano interrato, che contiene otto posti macchina (due per ogni appartamento) e i locali tecnici; Gli spazi tecnici, la scala esterna e gli spazi di circolazione del parcheggio sono considerati spazi condominiali, mentre i giardini sono privati.
Le facciate presentano finestre di diverse dimensioni, sia per un fattore estetico che tecnico: in questo modo infatti ciascun locale riceve la quantità e la qualità di luce corretta anche grazie ai serramenti, isolati secondo le specifiche norme, che essendo dotati di filtri solari in grado di calibrare nell'ambiente la giusta quantità di luce e di calore. Questa stratificazione garantisce un efficace controllo ambientale, il massimo risparmio energetico nelle diverse stagioni dell'anno.

Figg. 32 e 33 – Assonometria e prospetto principale della palazzina

**LA TECNICA S/R (STRUTTURA/RIVESTIMENTO)**

La tecnica struttura/rivestimento si avvale di tecnologie leggere e prodotti prefabbricati che vengono assemblati e fissati a secco su strutture portanti indipendenti dagli strati funzionali, al fine di ottenere edifici iperisolati cui corrisponde un minimo consumo energetico; essa può facilmente essere assimilata all'idea di "guscio" che protegge l'interno. Il perfezionamento di questa tecnica si deve in particolare allo studio Dubosc e Landowski che da oltre dieci anni ne ha fatto il proprio *modus operandi*.
Questo sistema è costituito da pacchetti prestazionali complessi e ad alte prestazioni, con possibilità di variazione continua, a seconda della necessità progettuale: questo permette di non ostacolare la flessibilità e la manutenibilità delle unità tecnologiche, e di utilizzare materiali specializzati insieme a quelli tradizionali (con possibilità di evoluzione e innovazione). In questo modo è possibile interpretare maggiormente l'edificio nel tempo, evitandone l'obsolescenza tecnologica e funzionale, ed intervenire eventualmente su di esso a costi ragionevoli (mentre per un edificio costruito con tecniche tradizionali – e quindi monolitico - le manutenzioni se non si limitano a interventi superficiali possono diventare operazioni estremamente onerose).

Nel caso esaminato la struttura S/R ha permesso, attraverso la stesura di un apposito progetto impiantistico, un agevole passaggio di tutti gli impianti nelle strutture in

calcestruzzo – la prima soletta di copertura del piano interrato – per raggiungere la porzione centrale della struttura metallica centrale dell'edificio ove sono stati ricavati i passaggi per tutte le distribuzioni verticali degli impianti tecnici. Inoltre sono possibili aggiunte future all'impianto, che possono così essere effettuate in modo semplice e non distruttivo.

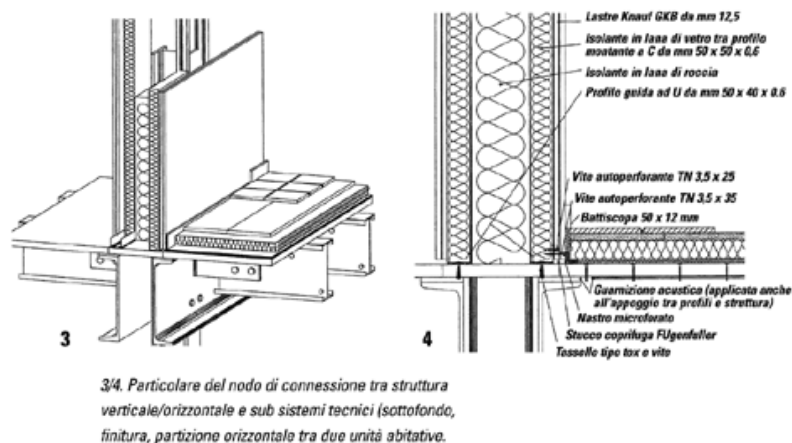



Fig. 34 – Particolare dei nodi tra struttura portante e involucro

Le distribuzioni orizzontali sono state previste a parete e a soffitto della corrispondente unità immobiliare, al di sopra del controsoffitto. Non sono stati previsti impianti a pavimento per garantire le prestazioni acustiche dei solai intermedi.

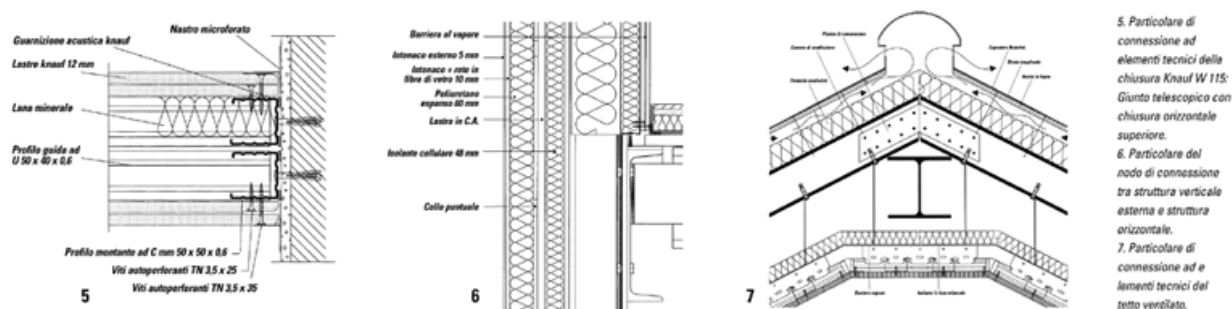



Fig. 35 – Particolari del rivestimento S/R

***Dati planivolumetrici***

| | | |
|---|---|---|
| *Ubicazione* | *Chignolo d'Isola* | |
| *Quota s.l.m.* | *229 m* | |
| *Zona Climatica* | *E* | |
| *Gradi giorno* | *2395* | |
| *Destinazione* | *Civile abitazione* | |
| *Classificazione edificio sec. DPR 412/93* | *E.1 (1)* | |
| *Superficie esterna* | *854 m²* | |
| *Volume lordo* | *1480 m³* | |
| *Fattore di forma S/V* | *0,576 m²/m³* | |
| | ***Ammissibile*** | ***Realizzato*** |
| *Coeff. volumico di dispersione (W/m³ K)* | *0,562* | *0,142* |
| *Coeff. volumico di ventilazione (W/m³ K - 0,50 v/h)* | *0,170* | *0,042 (*)* |
| *Coefficiente globale ammissibile (W/m³ K)* | *0,732* | *0,184* |
| *Potenza globale (W)* | *28.000* | *7.100* |

*(*) portata aria circa 0,6 v/h sul volume netto dell'edificio, ovvero circa 600 m³/h, con recupero termico 75%*

Tab. 6 – Dati planivolumetrici dell'intervento

| Condizioni interne ed esterne di progetto. Potenze nominali. | |
|---|---|
| Temperatura ambiente invernale | + 20 (+1) °C |
| Umidità relativa ambiente invernale | controllo opzionale |
| Con temperatura esterna minima | - 6 °C |
| Umidità relativa esterna invernale | 90 % |
| Temperatura acqua riscaldamento | + 45/40 °C |
| Temperatura acqua circuito bollitori sanitario | + 60/50 °C |
| Durata funzion. impianto (sec.DPR 412/93) | 14 ore/g max |
| Potenza termica per disperdimenti | 5,5 kWt |
| Potenza termica per ricambio aria naturale | 1,6 kWt |
| Potenza termica totale | 7,1 kWt |
| Potenza frigorifera estiva | circa 16,5 kWf |
| Fabbisogno acqua calda sanitaria | circa 600 l/g a 40-45 °C. |

Tab. 7 – Dati sulle condizioni di progetto e le potenze nominali

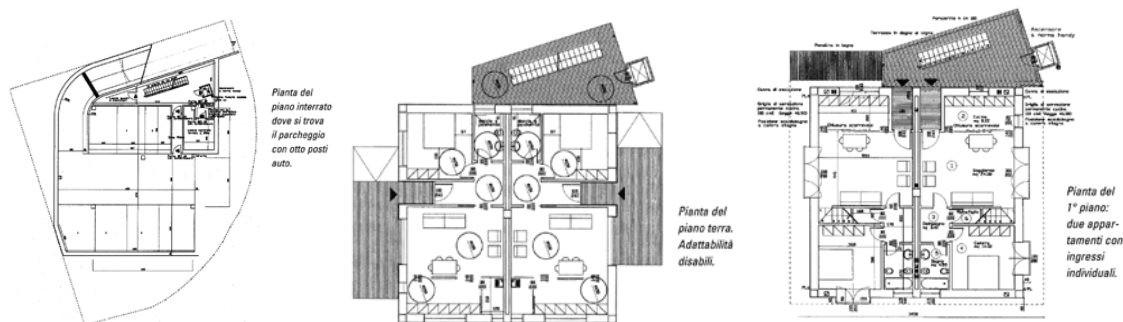
**STRUTTURA**

La struttura primaria dell'edificio è in acciaio, mentre il garage interrato è costruito in calcestruzzo. Tutti i muri, interni ed esterni, sono realizzati con telai coibentati e rivestiti sui due lati; la loro sezione è diversa a seconda del rendimento statico, termico, acustico o impiantistico da garantire.

Figg. 36, 37, 38, 39 – Foto della struttura in acciaio

Figg. 40 e 41 – Foto della palazzina ancora in fase di realizzazione.

## DISPOSIZIONI INTERNE E FINITURE

L’abitazione è costituita da due piani, ciascuno con due appartamenti: a piano terra tali appartamenti sono costituiti da ingresso, soggiorno, cucina, lavanderia, una stanza da letto e un bagno; al piano superiore invece la composizione degli ambienti è la seguente: soggiorno, cucina, una stanza da letto, un bagno, ripostiglio, e al piano alto un area di mansarda con bagno e stanze di servizio, corrispondenti alle dimensioni del piano sottostante.
Per quanto riguarda le finiture interne, si prevedono pavimenti in legno negli ingressi, nei locali soggiorno e nelle camere da letto, e pavimenti e rivestimenti in piastrelle di ceramica nelle cucine e nei bagni. Le scale interne degli appartamenti in primo piano sono in legno. Le pareti divisorie interne e i soffitti sono rifiniti in intonaco. Inoltre al piano terra le terrazze esterne sono pavimentate con doghe in legno, mentre la copertura è in rame con isolamento antirombo.

Figg. 42, 43 e 44 – Piante piano interrato, piano terra e primo piano

## CONSUMO ENERGETICO PER IL RISCALDAMENTO E UTILIZZO DI ENERGIA SOLARE

La scelta di costruire un edificio a basso consumo energetico è significativa sotto vari punti di vista: permette di ridurre il consumo di combustibili fossile e l’utilizzo di energia solare diretta o indiretta, con il vantaggio di arrecare meno danni all’ambiente.
Attraverso la tecnologia S/R sopra descritta, l'edificio può essere assimilato ad un contenitore termicamente isolato, praticamente adiabatico, capace di trattenere a lungo e con i dovuti ricambi l'aria calda durante i mesi invernali e l'aria fresca durante i mesi estivi, prevedendo degli scambiatori che permettono un notevole risparmio di energia.
Avendo come fine proprio quest’ultimo, è stato previsto un sistema fotovoltaico che, allacciato alla rete che distribuisce energia, provvede all'alimentazione delle pompe di calore in grado di fornire il caldo invernale e il raffrescamento durante l’estate, nonché la necessaria acqua calda sanitaria.
Nel complesso l’edificio ha un consumo inferiore a 15 KWh/mq all’anno, e una produzione di energia da pompe di calore alimentate dalla rete elettrica nella quale può essere riversata l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico. Tale impianto ha una potenza di 3,96 kWp.

| Risparmio ottenuto con l'iperisolamento | |
|---|---|
| Litri di gasolio risparmiati in una stagione invernale: | 2700 l / anno |
| Riduzione $CO_2$ equivalente: | 8000 kg |

| Risparmio ottenuto con l'utilizzo di pompa di calore di tecnologia avanzata alimentata dal fotovoltaico (impianto De Longhi - Climaveneta) | | |
|---|---|---|
| **Energia dal fotovoltaico e pompe di calore** | | **Totale** |
| Litri di gasolio risparmiati in una stagione invernale: | 1600 circa | 4300 litri |
| Riduzione $CO_2$ equivalente: | 4900 kg | 12900 kg |

Tab. 8 - Dati relativi al risparmio di combustibile nell'edificio

Per quanto riguarda le pompe di calore, l'impianto è costituito da due pompe reversibili aria/acqua dotate di ventilatori elicoidali, con produzione di energia termica per climatizzare e per produrre acqua calda sanitaria, attraverso un apposito circuito.
Durante l'estate le unità producono energia frigorifera per la climatizzazione e, con richiesta contemporanea di acqua calda sanitaria, sono in grado di recuperare per intero il calore di condensazione, mentre in condizioni di normale carico termico invernale una pompa di calore soddisfa per intero il carico. La seconda pompa di calore costituisce una sorta di integrazione nel periodo invernale di massimo carico termico, garantendo quindi una potenza termica aggiuntiva per la produzione di acqua calda e assicurando una riserva termica tale che, anche in caso di anomalia ad una unità, la restante é in grado di far fronte da sola alla richiesta termica. La doppia pompa di calore consente inoltre di avere diverse modalità di gestione contemporanea delle due unità, le quali sono allineate all'esterno, nel lato sud dell'area.
L'assorbimento elettrico stimato annuale (calcolato per la climatizzazione e la produzione acqua calda sanitaria) è di circa 9000 kWh/anno.

| Principali caratteristiche tecniche | | |
|---|---|---|
| Potenza termica con Te= -5 °C: | 2 x 9,9 | kWt. |
| Potenza frigorifera massima con Te= 35 °C: | 2 x 12,5 | kWf. |
| Potenza elettrica nominale assorbita: | 2 x 3,9 | kWe. |
| COP in funzionamento caldo o sanitario (Te + 7°): | 3,6 | |
| COP in funzionamento caldo + sanitario (Te + 7°): | 3,8 | |
| EER in funzionamento solo freddo (Te +35°): | 3,2 | |
| EER in funzionamento freddo + sanitario: | 6,8 | |

Tab. 9 – Tabella con le caratteristiche tecniche della pompa di calore

## IL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Il sistema fotovoltaico integrato in questo edificio è diversamente caratterizzato a seconda delle necessità a cui deve far fronte: in particolare le differenze sono visibili negli allacciamenti alla rete di distribuzione, uno trifase per i servizi comuni e quattro allacciamenti monofase - uno per ciascun appartamento – per coprire i bisogni “individuali”. All'allacciamento trifase dei servizi comuni è collegata l'energia elettrica prodotta da un campo di 36 moduli fotovoltaici, che hanno una potenza di 3,96 kWp e circa 31 $m^2$ di superficie captante.
L’impianto fotovoltaico integrato ha anche il ruolo di frangisole che ripara le superfici vetrate poste sul lato sud dell'edificio, con i moduli che sostituiscono elementi costruttivi fissi dell'edificio.
Questi ultimi sono in silicio monocristallino, e la loro superficie captante è in grado di assorbire anche parte dell'energia solare riflessa. Il modello SM 110/24 della Siemens scelto per questo progetto ha un'efficienza nominale del 14,6 % e i vari moduli sono collegati in modo equilibrato sulle tre fasi dell'allacciamento Enel mediante tre inverter modulari monofase di costruzione SMA, con potenza massima continua in ingresso 3x1230 W, e potenza massima continua in uscita pari a 3x1100 W.
L’impianto è dotato di un sistema di misura e monitoraggio conforme alle specifiche ENEL, ed ancorato alla struttura attraverso un sistema di sostegno e supporto specificatamente studiato. L'energia elettrica da esso prodotta compensa gli assorbimenti elettrici degli utilizzatori comuni.
La stima della produzione elettrica annuale dell’impianto si aggira attorno ai 3500 kWh/anno, e cioè una quantità in grado di coprire circa il 40% dell'energia elettrica annua necessaria per la climatizzazione e la produzione di acqua calda sanitaria.

## IMPIANTISTICA

### *ACQUA FREDDA DI RETE*

L’allacciamento alla rete è stato previsto a sud dell'area di intervento. L’adduzione avviene attraverso tubi in acciaio inox di tipo a pressare, con isolamento termico anticondensa. Trattamento con anticalcare di tipo elettronico (solo per acqua destinata ai bollitori).

### *APPARECCHI SANITARI E RUBINETTERIE*

Gli erogatori della doccia e della vasca sono dotati di restrittore di flusso, al fine di controllare la portata di acqua erogata agli apparecchi. I vasi installati hanno un utilizzo di 6 litri e cassette con doppio tasto da 6/9 litri. Tutti gli attacchi lavatrice e lavastoviglie sono dotati sia di acqua calda che di acqua fredda in modo da limitare i consumi elettrici connessi all’utilizzo.

### *SCARICHI ACQUE BIANCHE E NERE*

Gli scarichi sono stati realizzati in PE-hd a saldare, con ventilazione primaria a tetto, e dimensionati secondo la norma UNI 12056. Inoltre sono stati appositamente studiati per evitare eventuali rumorosità. Le reti sono separate sino all'imbocco della fognatura, e distribuite in modo tale da evitare attraversamenti nel soffitto della zona box (piano interrato).

### *APPARECCHI E RETI DI SPEGNIMENTO DI INCENDI*

L'edificio non è soggetto Ad una specifica normativa antincendio; tuttavia e' previsto uno stacco acqua antincendio con tubazione in PE-hd, che alimenta due cassette a norma UNI 45 poste in corrispondenza degli accessi alla zona parcheggio, al piano interrato.
Le tubazioni sono protette dal gelo.

Figg. 45, 46 e 47 – Particolari relativi agli impianti di riscaldamento e raffrescamento.

---

## IL CONCETTO DI SOSTENIBILITA'

Il concetto di sostenibilità nel residenziale nell'esempio qui citato è stato esplicitato attraverso la realizzazione dell'edificio con tecnologia S/R (struttura/rivestimento), e con tecnologie e materiali tali da considerarlo come una "passivhaus" (casa passiva). Dunque le principali caratteristiche che rendono sostenibile l'intervento sono da considerarsi quelle che hanno come obiettivo il **RISPARMIO ENERGETICO**:

- **TECNOLOGIA S/R** (struttura in acciaio con rivestimenti posati a secco e caratterizzati da forte iperisolamento)
- **IMPIANTO FOTOVOLTAICO**, allacciato alla rete, per la produzione di energia elettrica
- **POMPE DI CALORE**, per garantire il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti (a seconda delle necessità)

Quello di casa passiva, che sfrutta al massimo le fonti energetiche rinnovabili e cerca di essere meno invasiva possibile per l'ambiente è sicuramente uno dei concetti più comunemente utilizzati per concretizzare l'idea della sostenibilità in architettura. Partendo dal presupposto che un edificio, per quanto artificio costruito dall'uomo, può integrarsi con l'ambiente che lo ospita senza danneggiarlo (o facendolo in minima parte), un progettista che vuole realizzare l'edificio con le caratteristiche della passivhaus deve concepirlo come tale sin dalla fase euristica, ossia fin dalla primissima ideazione dell'architettura. Solo in questo modo le scelte tecniche e tecnologiche saranno pienamente integrate nell'edificio e potranno giovare ad esso così come all'ambiente. Sfruttando inoltre le conoscenze relative a nuovi impianti e sistemi, come possono essere attualmente considerati moduli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica, presenti in molti dei casi prima esposti, o uso di pompe di calore quali generatori di riscaldamento/raffrescamento di aria e acqua, la casa passiva cerca di far convivere con aspetti tradizionali la necessità di essere sempre all'avanguardia. A questo proposito la scelta di utilizzare tecnologia S/R, dunque concependo il fabbricato come uno scheletro in acciaio rivestito poi da un involucro, andando così contro quelle che sono le tradizionali prassi costruttive in Italia, permette all'edificio di essere più facilmente monitorato e manutenuto, oltre a poter essere aggiornato più facilmente di

altri con le tecnologie man mano disponibili, evitando così la temuta obsolescenza funzionale.
L'esempio qui riportato dunque è particolarmente significativo in quanto esempio pressoché unico in Italia di casa passiva, e testimonianza della effettiva praticabilità di scelte tecnologicamente avanzate in un settore difficilmente aperto come quello residenziale.

Tratto da : http://www.vanoncini.it/
http://www.ecodallecitta.it/old/apr2002/energia/building/bergamo.htm
http://www.adiconsum.it/SETTORI/energia%20e%20ambiente/Dossier/%20Passivhaus.pdf

**SCHEDA 13 – CASA ECOLOGIA A TRENTO**

DATI DELL'INTERVENTO

**INTERVENTO:** Abitazione plurifamiliare

**LUOGO:** Trento (Italia)

**DATA:** 2003

**REALIZZAZIONE**: Cooperative La Rocca e Casainsieme

**DATI DIMENSIONALI:** 90 appartamenti di dimensioni medio-grandi

**COLLABORAZIONE:** Consorzio Provinciale per l'Abitazione di Trento

---

## DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE

Il complesso abitativo, sito in Via Verona 20 a Trento, è costituito da novanta appartamenti di dimensioni medio-grandi, e si caratterizza per l'applicazione di tecnologie e materiali che garantiscono un basso consumo energetico, un maggior confort abitativo e un ridotto impatto ambientale. L'iniziativa è stata programmata ed attuata con il supporto tecnico del Consorzio Provinciale per l'Abitazione di Trento, il quale ha recentemente sottoscritto un protocollo di intesa con l'Amministrazione Provinciale per la realizzazione di ulteriori iniziative analoghe.
Lo scopo di questo intervento è quello di fornire ai cittadini di Trento un numero di abitazioni adeguato alla richiesta, tenendo contemporaneamente in conto le necessità di rispetto ambientale, fornendo così un prodotto di qualità, avvalorato da caratteristiche quali il risparmio energetico e l'ecologicità. Di non poco conto poi il tentativo di mantenere i prezzi piuttosto bassi nonostante l'impiego di materiali e tecnologie non tradizionali o comunque non troppo diffusi, a sottolineare la possibilità di realizzare architetture sostenibili e insieme accessibili agli utenti.
Al complesso è stato assegnato il Marchio CasaQualità da parte della Commissione Tecnica di CasaQualità (la quale, dopo opportune verifiche e valutazioni, constatando il livello di qualità e di originalità caratterizzante la realizzazione edilizia, ha espresso parere favorevole al rilascio del Marchio) in occasione di un Convegno tenutosi a Trento il 10 ottobre 2003.

Figg. 48 e 49 – Foto del complesso di Via Verona ancora in via di completamento

Figg. 50 e 51 – Foto della sistemazione dell'esterno, con scorci degli spazi comuni e della viabilità

**RISPARMIO ENERGETICO**

Le misure di risparmio energetico adottate nel complesso abitativo di Viale Verona riguardano essenzialmente l'isolamento termico, l'impianto termico centralizzato e l'installazione di pannelli solari.
Per quanto riguarda l'isolamento termico sono stati utilizzati materiali ad alta coibentazione per la realizzazione delle murature, della copertura e degli infissi esterni.
Il riscaldamento è garantito da un impianto termico centralizzato ad altissimo rendimento e con riduzione delle emissioni inquinanti, realizzato in modo da non limitare la libertà di ciascun utente. A questo proposito in ogni alloggio può essere autonomamente gestita la quantità di calore da erogare, con contabilizzazione autonoma.
L'utilizzo dei pannelli solari è stato finalizzato alla produzione di acqua calda sanitaria.
Secondo le previsioni del Consorzio Provinciale per l'Abitazione queste misure messe in atto per il risparmio energetico permetterebbero un risparmio energetico di quasi 50.000 $m^3$ di gas all'anno. Parallelamente gli investimenti sostenuti per metterle in atto dovrebbero essere ammortizzati in circa dieci anni.

Figg. 52 e 53 – Particolari della copertura del complesso. In copertura sono posizionati i pannelli solari per la produzione di acqua calda. Si nota inoltre la convivenza di materiali nuovi con quelli tradizionali.

**VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE PER IL MARCHIO CASAQUALITA'**

La Commissione Tecnica CasaQualità per poter rilasciare il relativo marchio al complesso in esame, ha considerato, durante la visita per la valutazione, i seguenti elementi:

- le caratteristiche del contesto nel quale è inserita l'iniziativa edilizia, soffermandosi in particolare sugli elementi che influenzano direttamente la qualità dell'abitare;
- le caratteristiche dell'edificio (le finiture esterne, la copertura, gli infissi, gli elementi di originalità presenti nel progetto e quelli di innovazione tecnologica)
- gli spazi comuni esterni, ossia le aree verdi attrezzate, la pavimentazione impiegata nella viabilità, il sistema di illuminazione, la dotazione di parcheggi e di porticati;
- gli spazi comuni interni, ossia le aree condominiali disponibili, gli arredi, l'illuminazione, i tipi di pavimentazione e i rivestimenti delle parti comuni (atri, scale e corridoi)
- i singoli alloggi, in particolare gli assetti distributivi interni, la loro flessibilità d'uso, i sistemi impiantistici, la qualità e manutenibilità dei materiali impiegati e le finiture.

La valutazione della Commissione Tecnica, tenuto anche conto delle condizioni oggettive e dei vincoli urbanistici in cui le Cooperative hanno operato, è stata positiva, "avendo la realizzazione raggiunto gli obiettivi definiti a livello progettuale e presentando la stessa caratteristiche di qualità e di sostenibilità ambientale meritevoli di attenzione".

Figg. 54, 55 e 56– Particolari delle finiture esterne del complesso

---

**<u>CONCETTO DI SOSTENIBILITA'</u>**

Il concetto di sostenibilità in architettura viene concretizzato in questo esempio attraverso dapprima il processo progettuale, che ha condotto i progettisti all'ideazione di un intervento le cui caratteristiche finali sono il **BASSO IMPATTO AMBIENTALE**, attuato attraverso il **RISPARMIO ENERGETICO**. Questo è ottenuto mediante:

- **l'installazione di pannelli solari in copertura**
- **uso di materiali ad alta coibentazione per limitare le dispersioni energetiche attraverso le murature**

- **installazione di un impianto termico per il riscaldamento ad altissimo rendimento, con possibilità di gestire l'erogazione di calore autonomamente in ogni appartamento**

  Tutto questo viene inoltre valorizzato dall'attenzione per i particolari e le finiture che ben si integrano nel contesto architettonico in cui il complesso è inserito.

  Tratto da: www.casaqualita.it

### 3.4 – Conclusioni

La scelta di presentare, attraverso delle schede, alcuni dei più recenti esempi di architettura residenziale sostenibile è dettata innanzitutto dalla volontà di creare una casistica sufficientemente ampia delle soluzioni morfo-tipo-tecnologiche messe a punto da progettisti, architetti e ingegneri europei sul tema appunto della sostenibilità del settore delle costruzioni. Questo argomento, come già detto, è piuttosto trattato e conosciuto, ma non è altrettanto applicato con la sufficiente diffusione. Proprio attraverso la conoscenza di questi casi studio, e delle loro caratteristiche è possibile iniziare a tracciare delle flebili linee guida che possono aiutare il progettista o chi per esso a districarsi nel difficile campo della "sostenibilità": dalla lettura e analisi di questi, che possono essere chiamati anche "progetti-pilota", ossia progetti "trainanti" ed incentivanti a costruire con maggiore fiducia edifici ecocompatibili, si evidenzia soprattutto come il tentativo di concretizzare le tante possibili definizioni di sostenibilità si sia indirizzato verso l'introduzione nel progetto di elementi altrettanto concreti, misurabili e controllabili, quali ad esempio lo studio dell'orientamento per garantire le migliori condizioni microclimatiche, l'introduzione di tecnologie spesso avanzate (e raramente integrate nelle residenze senza opportuni incentivi, soprattutto di natura economica, oltre che legislativa) che permettono risparmio di energia – elettrica o da combustibile fossile – e l'impiego di materiali con caratteristiche particolari.

A livello progettuale questi esempi sono importanti in quanto sottolineano con la loro stessa esistenza e con il loro efficace funzionamento i vantaggi che si possono godere con questo tipo di costruzioni, a volte svelando a progettisti e operatori del settore soluzioni prima mai considerate. Non bisogna poi sottovalutare la capacità umana di rielaborare e riadattare le situazioni a seconda della necessità, cosa che si è resa assolutamente fondamentale nell'evoluzione e nello sviluppo delle tecnologie stesse, mutuate a volte da altri contesti o trasferite da settori paralleli (ad esempio, nel caso dell'architettura, dall'industria o dal terziario per il residenziale) e opportunamente rielaborate per ottenere ottime prestazioni. Lo scopo quindi di diffondere la conoscenza di questi esempi è proprio quello di incentivare, oltre che informare, la produzione di progetti attenti all'aspetto ambientale, partendo da qualcosa di concreto e già realizzato.

Le schede presentate offrono dunque uno spunto su cui riflettere e da cui partire nella rielaborazione di tecniche e tecnologie, ma come è possibile notare sono quasi tutte riferite ad esempi stranieri: la cultura della residenza sostenibile in Itali, sia nella nuova costruzione che nel recupero, è ancora piuttosto debole e ben poco radicata. Mancano forse i giusti incentivi e una corretta metodologia progettuale, basi indispensabili senza le quali nemmeno all'estero sarebbe stata possibile una diffusione, peraltro abbastanza rapida, di questo tipo di abitazioni. In ogni caso i tredici casi studio riportati toccano ciascuno un diverso modo di intendere la sostenibilità, ciascuno ponendo il problema in modo corretto e altrettanto correttamente prospettando una soluzione. Non è possibile identificare quale soluzione sia la più efficace, anche perché non è questo lo scopo di paragonare le diverse esperienze: tuttavia all'interno di ogni progetto è possibile estrapolare dei contenuti da mutuare in altri casi, creando così i presupposti per una sempre più rapida diffusione e conoscenza di quanto è oggi disponibile.

---

**Note**

(1) L'ISE, Insitute for Solar Energy, è una delle 48 istituzioni appartenenti alla Fraunhofer Gesellshaft, ossia l'organizzazione no-profit tedesca per la ricerca applicata. Essa si occupa di collegare la ricerca accademica e le applicazioni industriali delle innovazioni. All'ISE, nella nuovissima sede inaugurata nel novembre 1999, caratterizzata dall'integrazione nell'architettura delle conoscenze e tecnologie più avanzate disponibili sul mercato, lavorano oltre 300 persone – di cui 115 permanenti e circa 70 studenti laureandi o specializzandi in stage.

(2) Capitolo 1, paragrafo 1.3.3.

(3) Tratto da: (2000) Punto Energia, *Punto Energia Newsletter,* Lucia Gervasoni, Alessandro Logora, *"Cos'è l'architettura bioclimatica?"* , http://www.puntoenergia.com/Newsletter/newsletter_frame.htm

# BIBLIOGRAFIA

*Monografie*

Bacigalupi Vincenzo, Benedetti Cristina,
(1980) *Progetto ed energia*, Kappa, Roma.

Benedetti Cristina,
(1978) *L'energia del sole: tecnologie ed applicazioni in architettura*, Kappa, Roma.

Bruno Stefano,
(1999) *Manuale di architettura per la progettazione bioclimatica e la bioedilizia : per progettare e costruire edifici sani e vivibili,* Il sole-24ore, Milano.

Burberry Peter,
(1978) *Building for energy conservation*, Halsted Press Division John Wiley & Sons, New York. (tr. it. di Girolamo Mancuso, *La progettazione del risparmio energetico*, Franco Muzzio, Padova, 1979).

Ceccherini Nelli Lucia, *et alii*,
(2000) *Schermature solari*, Alinea, Firenze.

Dall'O' Giuliano, Messaggi P.L., Silli S.
(1980) *Sole, progetto, habitat. Impieghi dell'energia solare negli impianti tecnici degli edifici*, CLUP, Milano.

Delera Anna,
(1996) *Le regole del progetto: i nuovi requisiti per abitare*, Maggioli, Rimini.

Faconti Daniela, Piardi Silvia (a cura di),
(1998) *La qualità ambientale degli edifici*, Maggioli, Rimini.

Grisotti Marcello, *et alii*,
(1995) *Residenze flessibili. Progettazione spaziale e tecnologia*, Politecnico DISET, Milano.

Mangiarotti Anna,
(1997) *Strumenti per l'organizzazione tipologica dell'alloggio*, Arti Grafiche S. Pinelli, Milano.

Masanotti Giuseppe, Dell'Osso Guido,
(1996) *Edilizia ed energia. Elementi di architettura bioclimatica e normativa*, La supertecnica, Bari.

Peretti Gabriella,
(1997) *Verso l'ecotecnologia in architettura*, BE-MA, Milano.

Raiteri Rossana,
(1996) *Progettare la residenza, tendenze innovative*, Maggioli, Rimini.

Signorelli Carlo, *et alii*
(2001) *Igiene edilizia e ambientale*, Società editrice Universo, Roma.

Wright David,
(1978) *Natural solar architecture*, Litton Educational Publishing Inc., New York (tr. It. di Girolamo Mancuso, *Abitare con il sole : abc della climatizzazione naturale*, Franco Muzzio, Padova, 1981).
Riviste

Fantone Claudio Renato,
(2002) "Serre solari nell'edilizia residenziale", *Frames*, n. 96, pp. 24-27.

Giabardo Manuela,
(2002) "Le quattro facce della trasparenza", *Nuova Finestra. Serramenti e componenti per l'edilizia,* n. 4, aprile, 104-111.

*Siti Internet*

www.comune.modena.it/urbanistica/peep/PEEP51_Cognento/PEEP51_Cognento.htm

http://www.greenbuilding.ca/gbc2k/teams/sweden/AB/ab-mur-b-p2.htm

http://www.greenguide.nu/map_eng_bo01_2.html

http://www.wingardhs.se/projects/bo01/bo01_ny.htm

http://www.moorerubleyudell.com/03Fe_Pr/3HM.html

http://www.europa.eu.int/comm/energy/en/renewable/idae_site/deploy/prj018/prj018_2.html

http://www.sibart.org/pdf/kronsberg.pdf

http://www.detail.de/Archiv/En/HoleArtikel/4716/Artikel

http://www.aha-agens.de/pdf_lasco/upgrade/englisch/UpgradeKS_02_e.pdf

http://www.3xnielsen.dk

http://www.austria-architects.com/content/profiles

http://www.egbf.org/PDFs/terbregge.PDF

http://www.adiconsum.it/SETTORI/energia%20e%20ambiente/Dossier/%20Passivhaus.pdf

# 4

# PROGETTO DI RESIDENZA SOSTENIBILE A COMO

## 4.1 – Il luogo dell'intervento

### *4.1.1 – Como e il suo territorio: cenni di storia*

Il territorio comasco fu abitato con una certa regolarità fin dall'XI secolo a.C., anche se coloro che strutturarono il territorio furono i Romani che, intorno al 196 a.C., cacciarono i Celti, occuparono i centri strategici lungo le vie di traffico e collocarono Como all'imbocco di grandi piste transmontane di straordinaria importanza politica, economica e militare. Il tutto entro un progetto di sistemazione territoriale che collegava i centri pedemontani alle valli prealpine. Ma solo con l'avvento di Cesare la città fu definitivamente acquisita dai Romani e mutò la sua economia nomade in un'economia di tipo sedentario, dotata di stabili organizzazioni politico-amministrative e artigianali, basandosi sulla tipica struttura urbanistica romana a pianta quadrata. Grazie alla posizione geografica estremamente favorevole Como divenne così un baluardo strategico militare.
La città iniziò allora il proprio sviluppo e nei primi secoli del nuovo millennio furono costruiti tutti gli edifici tipici dell'insediamento romano: le terme, la basilica, il teatro. Durante il regno di Costantino furono innalzate alcune tra le chiese più belle della città: San Carpoforo, Sant'Abbondio e San Fedele.
Più avanti nel tempo, intrapresa la strada dell'autonomia comunale, nel XII secolo Como raggiunse una potenza tale da arrivare allo scontro con Milano: la guerra fu durissima e alla fine dei dieci anni di combattimenti (dal 1117 al 1127) i Milanesi uscirono vincitori. Nonostante la sconfitta la ripresa non tardò ad arrivare, tanto che nel 1335 i Visconti si impadronirono di una città in pieno sviluppo economico, con una fiorente attività commerciale e edilizia.
La situazione si rovesciò invece durante il dominio spagnolo, iniziato nel 1521: anni tragici di sfruttamento e decadenza, di cui si trova testimonianza nelle pagine manzoniane. Furono gli Austriaci con il loro avvento nel XVIII secolo a dare nuovo vigore all'economia cittadina che così si riprese, grazie allo straordinario sviluppo dell'artigianato e dell'industria serica, che diventò l'attività cittadina caratteristica.
Dal punto di vista architettonico, l'età barocca e neoclassica segnarono il paesaggio locale con l'ideazione della tipologia della villa-giardino, grazie al quale i signori e i potenti perseguirono una colonizzazione delle sponde dei laghi con residenze sontuose. Tra queste si ricordano la "reggia" di Bellagio, voluta dal marchesino Stanga; Villa Carlotta a Tremezzo, abbellita dalle sculture di Antonio Canova e dai dipinti di Hayez; Villa Olmo, commissionata da Innocenzo Odescalchi all'architetto Cantoni nel 1780 e da questi concepita in un corpo centrale scandito da cinque archi di ingresso sovrastati da sei colonne ioniche; villa Saporiti, progettata dallo stesso Simone Cantoni e realizzata tra il 1791 e il 1793 dall'architetto viennese Pollak.
Successivamente al dominio austriaco, la conquista francese fece in modo che la Lombardia fosse incorporata nella Repubblica Cisalpina, proclamata nel 1797 e ampliata anche con i territori compresi tra l'Adda e il Mincio e con la Valtellina. La nuova organizzazione amministrativo-territoriale vide Como centro del dipartimento del Lario comprendente: l'antico comasco, la valle d'Intelvi, i feudi di Campione, Civenna,

Limonta e Valsolda. Agli inizi dell'Ottocento, i quattro quartieri che costituivano gli antichi Corpi Santi di Como, ossia Monte Olimpino, Sagnino, Tavernola e Ponte Chiasso, incominciarono a delinearsi come entità sociali autonome. Tale pratica di riordino, unita alla concessione dei benefici derivanti dall'autonomia amministrativa, si consolidò con l'avvento della Repubblica Italiana nel 1802 e con la proclamazione del Regno d'Italia nel 1805. Tuttavia, con la caduta di Napoleone nel 1814 e la conseguente caduta del Regno d'Italia, il Regno Lombardo-Veneto finì di nuovo sotto il comando austriaco, che abolì i dipartimenti e creò le province: Como, non più a capo del dipartimento del Lario, divenne capoluogo di provincia e sede di una delegazione imperiale.
La conclusione delle guerre napoleoniche e il rientro delle truppe coincisero con l'aumento della disoccupazione e l'inizio della prima crisi del XIX secolo, cui seguirono quelle del 1825, del 1836 e del 1845-47. Inoltre il dominio austriaco di nuovo sull'Italia comportò la nascita di un governo illiberale. Iniziarono così i moti a cui Como partecipò attivamene: nel 1848 la città visse, in concomitanza con Milano, cinque valorose giornate d'insurrezione che portarono alla sua liberazione.
Con l'affrancamento dell'Italia dall'Austria grazie a Vittorio Emanuele II e la proclamazione del re, incominciò il difficile processo di unificazione che si concluse dal punto di vista legislativo nel 1865. Il disequilibrio sociale ed economico tra ceti e regioni era evidente, e la città di Como, la cui rivoluzione industriale fu accompagnata dallo sviluppo delle vie di comunicazione, era tra i comuni più ricchi, grazie soprattutto allo sviluppo dell'industria della seta e del cotone, che rimase l'attività principale di sostentamento fino all'avvento del XX secolo. La continua e progressiva modernizzazione di questi decenni modificò notevolmente il paesaggio. Significativi sono per esempio il rinnovo di Piazza Cavour, ricavata nel 1872 interrando il vecchio porto, la costruzione di ponti e viadotti che risolsero il problema di adattamento al traffico carreggiato delle strade di età teresiana e napoleonica; inoltre lo scavo dei grandi trafori trasformò le vie di comunicazione transalpine in arterie di traffico di rilevanza continentale.
Per quanto riguarda la ferrovia, la prima linea lombarda fu la Milano-Monza in direzione Como, inaugurata nel 1840, affiancata poi dal nodo della stazione di Chiasso, sulla via del San Gottardo, che intorno al 1970 coprì il 29% del volume degli scambi ferroviari italiani. Nel 1925 fu invece inaugurato il tratto dell'autostrada dei laghi Lainate-Como, utile per il trasporto su gomma.
Dal punto di vista architettonico i primi decenni del nuovo secolo furono prolifici: nel 1927, in onore del centenario della morte di Alessandro Volta, cittadino comasco e importante personalità per il progresso scientifico, in coincidenza con il centenario della sua morte, fu costruito il Tempio Voltiano, su disegno di Federico Frigerio, autore anche il progetto per il cinema-teatro Politeama (1910). Ma i rappresentanti più noti nel panorama architettonico di Como sono senza dubbio Sant'Elia e Terragni: il primo, ispiratore dell'avanguardia futurista, con il Monumento ai Caduti, il secondo, "importatore" del razionalismo in Italia, con il Novocomum e la Casa del Fascio.

Fig. 57 – Casa del Fascio Fig. 58 – Asilo Sant'Elia

La stratificazione urbanistica della città è ancora rintracciabile nel tessuto urbano: dal vecchio borgo comunale intorno alla sede romana fino al romanico-cristiano di epoca medievale, alle strutture rinascimentali e alla successiva espansione settecentesca e novecentesca, a cui lo sviluppo più recente si salda con continuità. La densità abitativa del territorio comasco è stata sempre piuttosto elevata, con percentuali maggiori in città rispetto alle zone montane. Nel 1861 essa era di 837 abitanti per chilometro quadrato; oggi, su una superficie comunale di 37.34 chilometri quadrati (di cui 2,4 di corsi e specchi d'acqua) risiedono 82.886 persone, pari a una densità media di 2.372 persone per chilometro quadrato. Le attività economiche in crescita sono, oltre alla tradizionale industria serica, il terziario avanzato e il turismo. Il Comune conta 9 circoscrizioni: Albate-Muggiò-Acquanera, Lora, Camerlata-Rebbio-Breccia-Prestino, Camnago Volta, Como est-nord, Como Borghi, Como centro-ovest, Monte Olimpino-Sagnino-Ponte Chiasso-Tavernola e Garzola-Civiglio.

#### *4.1.2 – La città di Como: caratteristiche sociali, economiche e climatiche*

La città di Como, capoluogo di provincia, occupa una superficie di 37,34 kmq ed ha una popolazione di circa 83000 abitanti (1). Il centro abitato si concentra ad una altitudine media di 201 metri sul livello del mare, con un minimo territoriale di 199 metri s.l.m. ed un massimo di 1136 metri s.l.m. Essa è caratterizzata da uno spazio fisico molto limitato e difficilmente accessibile; ciò ha fatto sì che Como sia cresciuta come città relativamente piccola e densa.
Il clima è influenzato dalla presenza del lago, che opera un'azione mitigatrice in particolare durante l'inverno.
Negli ultimi decenni Como ha assunto dal punto di vista funzionale e gerarchico il ruolo di "città metropolitana", grazie soprattutto alle relazioni con gli altri paesi e gli altri centri e a quelle, ambientali ed ecologiche, con il territorio fisico. Nonostante questo cambiamento la matrice fondamentale della città è ancora quello, visibile, dello schema ad incrocio, con due assi prevalenti (nord-sud e est-ovest), che ben si concilia con l'espansione della città ma anche e soprattutto delle relazioni con il territorio e gli altri centri.

Figg. 59 e 60 – Lungolago di Como

Como infatti ha il vantaggio di essere una città compresa tra due forti poli: Milano da una parte, il Canton Ticino e la Confederazione Elvetica dall'altro. Questo innesca una sorta di polarità internazionale che porta sviluppi interessanti nell'area comasca, posta in posizione baricentrica, anche dal punto di vista dell'assetto urbanistico: Como e la sua area metropolitana rimangono sempre più collocate ed imperniate sull'asse nord-sud, corridoio europeo (asse Zurigo-Milano-Mediterraneo), destinato a diventare sempre più importante nel prossimo futuro e legato alle infrastrutture ferroviarie e autostradali. Questo senza trascurare l'asse est-ovest lungo cui si sviluppa la grande conurbazione pedemontana, definibile quasi una conurbazione spontanea a forte frammistione funzionale, strutturata principalmente dagli assi stradali.

Molto significativo dal punto di vista dello sviluppo culturale, economico e tecnologico del territorio si è rivelato il recente insediamento del nuovo polo universitario del Politecnico di Milano. Se l'obiettivo è infatti puntare sull'innovazione tecnologica avanzata, elemento indispensabile per la crescita economica, occorre operare per crearne i presupposti, attraverso appunto lo sviluppo culturale. Tale crescita è favorita dall'unicità dell'Ateneo comasco, che sorge in una zona di confine con una popolazione "straniera" ma di lingua italiana.
Tale circostanza impone di mantenere stretti contatti con il Canton Ticino, al fine di esaminare tutte le possibilità di collaborazione nel settore dell'istruzione universitaria come opportunità di sviluppo di entrambi i territori.

#### *4.1.2.1 – Il clima*

Il clima della città di Como è, come già detto, influenzato dalla presenza del lago, che ha una funzione mitigatrice specialmente durante la stagione invernale. Si riportano sotto forma di tabelle, le caratteristiche climatiche principali della città di Como, utili per la stesura del progetto (2). I dati sono ricavati dal Piano Energetico della Provincia di Como, steso dal Punto Energia nel 2002.

**TEMPERATURA MEDIA MENSILE**

Come è possibile notare dalla tabella sottostante, la temperatura media negli ultimi anni si è innalzata di circa 1,5°C. Tale effetto potrebbe essere dovuto al surriscaldamento del pianeta per l'effetto serra. Anche se l'andamento dal 1995 fino ad oggi è altalenante, negli ultimi anni il trend è in costante ascesa, con temperature medie mensili sempre più alte, soprattutto nei mesi estivi, come ad esempio durante tutto il 2003.

| TEMPERATURE MEDIE MENSILI | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (°C Stazione Villa Gallia) | | | | | | |
| | **1995** | **1996** | **1997** | **1998** | **1999** | **2000** |
| **Gennaio** | 4,14 | 4,94 | 5,26 | 4,71 | 5,32 | 4,36 |
| **Febbraio** | 7,40 | 4,53 | 7,46 | 8,00 | 5,56 | 7,43 |
| **Marzo** | 8,72 | 8,22 | 12,57 | 10,37 | 9,91 | 10,53 |
| **Aprile** | 13,81 | 14,01 | 13,57 | 12,14 | 13,73 | 13,13 |
| **Maggio** | 17,84 | 17,40 | 18,23 | 18,54 | 19,42 | 19,23 |
| **Giugno** | 19,79 | 22,91 | 20,46 | 22,59 | 21,44 | 23,77 |
| **Luglio** | 26,00 | 23,08 | 23,46 | 24,85 | 24,88 | 22,85 |
| **Agosto** | 23,34 | 22,53 | 24,44 | 25,09 | 23,22 | 23,90 |
| **Settembre** | 17,04 | 16,93 | 24,44 | 18,97 | 20,59 | 20,23 |
| **Ottobre** | 15,67 | 14,04 | 14,91 | 13,87 | 14,41 | 14,60 |
| **Novembre** | 8,79 | 9,52 | 8,89 | 7,12 | 8,50 | 8,86 |
| **Dicembre** | 5,38 | 5,37 | 5,74 | 4,28 | 4,57 | n.d. |
| **Media** | 13,98 | 13,62 | 14,95 | 14,21 | 14,30 | 15,35 |

Tab. 10 – Temperature medie annuali in °C, Stazione Meteo di Villa Gallia

**UMIDITA' RELATIVA**

Analizzando i dati in tabella è possibile evidenziare come l'umidità relativa si stabilizzi, durante i mesi invernali, intorno all'80%; in primavera e in estate il valore si abbassa leggermente, con un minimo nel mese di luglio.

| UMIDITA' RELATIVA (%) | |
|---|---|
| MESE | MEDIA |
| **Gennaio** | 80,18 |
| **Febbraio** | 73,80 |
| **Marzo** | 69,49 |
| **Aprile** | 72,51 |
| **Maggio** | 73,04 |
| **Giugno** | 71,84 |
| **Luglio** | 67,93 |
| **Agosto** | 72,84 |
| **Settembre** | 77,14 |
| **Ottobre** | 80,62 |
| **Novembre** | 78,66 |
| **Dicembre** | 78,67 |

Tab. 11 – Umidità relativa (%), Stazione Meteo di Villa Gallia

**RADIAZIONE SOLARE**

Il valore minimo di radiazione solare è registrato in dicembre, mentre il massimo nel mese di luglio. Dunque è possibile affermare come l'energia media giornaliera al suolo è maggiore in luglio piuttosto che in dicembre. In ogni caso i valori di intensità più alti sono registrati durante l'intervallo orario solare dalle 12 alle 13.

| RADIAZIONE SOLARE (MJ/M$^2$) | | |
|---|---|---|
| MESE | RADIAZIONE DIRETTA | RADIAZIONE DIFFUSA |
| **Gennaio** | 4,6 | 4,32 |
| **Febbraio** | 6,8 | 7,08 |
| **Marzo** | 11,1 | 11,67 |
| **Aprile** | 15,6 | 16,23 |
| **Maggio** | 18,1 | 19,74 |
| **Giugno** | 20,5 | 22,15 |
| **Luglio** | 22,1 | 23,49 |
| **Agosto** | 18,0 | 19,31 |
| **Settembre** | 13,1 | 14,04 |
| **Ottobre** | 9,0 | 8,78 |
| **Novembre** | 4,9 | 4,94 |
| **Dicembre** | 4,0 | 3,82 |

Tab. 12 – Radiazione solare media diretta e diffusa (MJ/M$^2$), Stazione Meteo Villa Gallia

**PIOVOSITA'**

Il regime pluviometrico si mantiene costante durante quasi tutto l'anno, tranne che nei mesi di febbraio e marzo dove si registra un calo nelle precipitazioni. In particolare durante il mese di febbraio si raggiunge il valore minimo, mentre in settembre quello massimo.

| PIOVOSITA' (mm) | |
|---|---|
| MESE | MEDIA MENSILE |
| **Gennaio** | 90,20 |
| **Febbraio** | 34,74 |
| **Marzo** | 59,94 |
| **Aprile** | 164,24 |
| **Maggio** | 120,72 |
| **Giugno** | 137,86 |
| **Luglio** | 110,87 |
| **Agosto** | 114,31 |
| **Settembre** | 205,97 |
| **Ottobre** | 166,71 |
| **Novembre** | 147,64 |
| **Dicembre** | 70,78 |

Tab. 13 – Piovosità media mensile, Stazione di Villa Gallia

### 4.1.3 – L’area di intervento

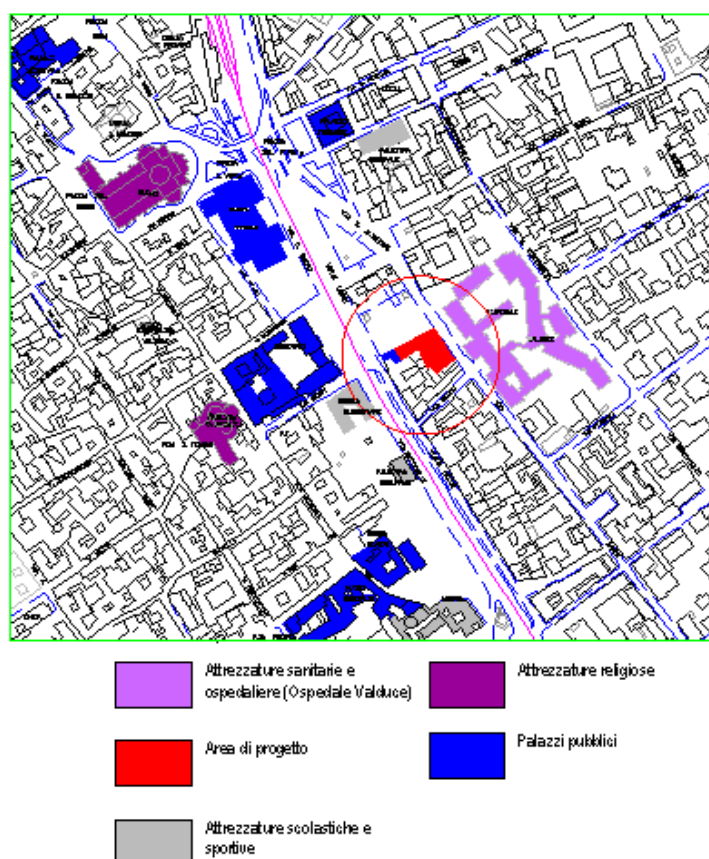



Fig. 61 – Stato di fatto della zona di Como interessata dal progetto. Vengono evidenziate le emergenze e gli edifici più significativi e caratterizzanti la città.

Il lotto destinato ad ospitare l’intervento si trova all’interno del centro storico della città, compreso tra Via Dante e Viale Lecco, in prossimità del Duomo, della Casa del Fascio e di fronte all’Ospedale Valduce. Un lato del comparto confina con le rovine delle terme romane, attualmente trascurate e degradate, come del resto gli edifici che attualmente lo occupano. Questi sono affacciati sulla Via Dante, di fronte all’ospedale e sono due retri di box inutilizzati da molti anni e fatiscenti, un concessionario di auto attualmente in vendita e il retro del cinema Plinio, abbandonato e su cui sono stati disposti dei rilievi al fine di un intervento futuro.

Sul fronte di Via Lecco invece gli edifici, oltre al già citato cinema, sono edifici costruiti nel XIX secolo, a tre e quattro piani fuori terra e mantenuti in buone condizioni e adibiti a residenza.

Figg. 62 e 63 – Particolare degli edifici affacciati su Via Dante e demoliti per permettere la realizzazione del progetto. Si tratta di fabbricati in disuso e fatiscenti, una volta adibiti a box o retri di case di abitazione.

Figg. 64 e 65 – Scorcio degli edifici fatiscenti interessati dal progetto: a sinistra il retro del cinema, abbandonato da decenni; a destra scorcio delle terme e del muro di cinta dell'isolato. Si intravedono i fabbricati affacciati su via Lecco che, in quanto costruiti prima del 1760, non possono essere demoliti.

A proposito di questi edifici il Comune ha predisposto una carta storica che raggruppa i fabbricati dell'isolato sulla base di quattro epoche storiche, vincolando solo la più antica (per le costruzioni antecedenti il 1760) all'impossibilità di demolizione o trasformazione. Per realizzare dunque il progetto sono stati mantenuti tali edifici, che risultano poi essere quelli affacciati su Via Lecco, mentre la cortina su via Dante è stata demolita per permettere la costruzione dei due corpi di fabbrica che costituiscono la proposta progettuale.

Figg. 66 e 67 – Cortina di fabbricati di Via Lecco. Si intravede il tracciato della ferrovia che corre parallelo alla strada tagliandola in due corsie e il cinema, il primo edificio sulla sinistra. A destra l'interno del cinema nella sua condizione attuale: in completo abbandono, soprattutto nella parte che conduce al retro, che si affaccia su via Dante e interessata dalla demolizione.

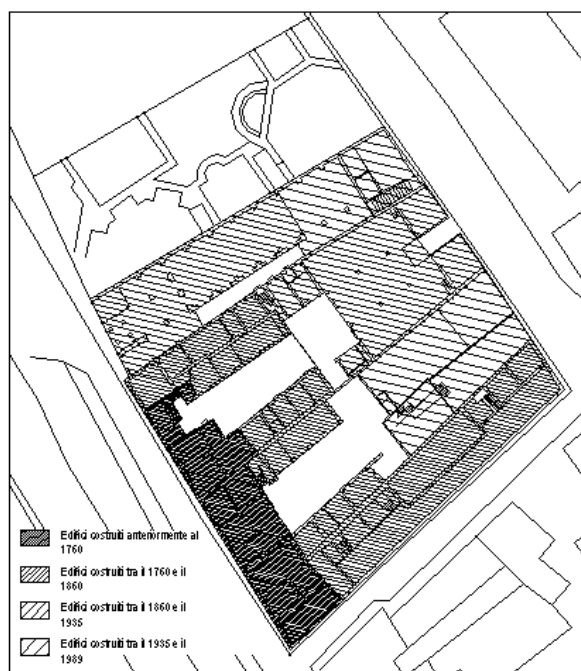



Fig. 68 – Carta storica degli edifici costituenti l'isolato in esame. Con il retino più fitto sono evidenziati i fabbricati costruiti anteriormente al 1760, su cui è posto il vincolo di non trasformazione. Il progetto è sviluppato sulla cortina affacciata su via Dante, su cui si attestano gli edifici più recenti.

Pur essendo dunque all'interno del centro storico, vicino a molti luoghi significativi della città e in un contesto senza dubbio "vivo", l'area in questione appare senza identità, quasi periferica nel suo "abbandono". A questo forse contribuiscono le due strade che la delimitano, che hanno un notevole volume di traffico e sono non perfettamente fruibili dai pedoni per gli stretti marciapiedi che le costeggiano. Inoltre non esiste un fulcro, sia esso architettonico, storico o a verde che possa caratterizzare l'area ridandole il giusto peso all'interno della città. L'idea progettuale si prefigge dunque l'obiettivo di ricostruire l'area, rivalorizzandola attraverso l'intervento residenziale, che si costituisce come quel "fulcro" che manca, e la costituzione di aree pubbliche, di cui c'è molta carenza, che diano un più ampio respiro a tutto l'isolato: a questo proposito vengono inserite nel progetto anche le terme, direttamente collegate alle aree pubbliche da percorsi pedonali e visivi, data l'importanza storica che rivestono in una città dalle radici romane come Como.

#### *4.1.3.1 – Le terme romane e i progetti sull'area*

Compresi tra Via Dante e Viale Lecco e posti a circa 3 metri sotto il livello stradale, emergono i resti archeologici di un vasto complesso di terme romane datato attorno al II secolo d.C.
Essi vennero alla luce durante gli scavi per la costruzione di un autosilo e del nuovo Palazzo d'Igiene: i lavori vennero bloccati dall'allora sindaco di Como, dall'assessore e dall'Ufficio Tecnico, che posero l'area, di oltre 1500 mq, sotto la tutela della Sovrintendenza ai Beni Archeologici.
Nella primavera del 1993, sotto la direzione della Sovrintendenza Archeologica della Lombardia è stato effettuato un intervento di diserbo, rilievo grafico e risistemazione delle mura durante il quale gli esperti formularono l'ipotesi che i resti appartenessero ad un complesso terme extraurbane, dato l'impianto simmetrico ad esagoni, probabilmente annesso alla biblioteca di cui Plinio il Giovane, comense di nascita, dotò la città. Furono

inoltre individuate, durante questi lavori, quattro fasi d’uso del complesso: due di età romana imperiale, una alto-medievale ed una Ottocentesca. Per quanto concerne invece la data di costruzione, sembra che l’edificio sia stato costruito unitariamente, probabilmente a partire dalla fine del I secolo d.C. Tale tesi è stata accolta più recentemente anche da M. Montalcini De Angelis D'Ossat, secondo cui sarebbe datato intorno alla fine del II secolo d.C,

Dagli studi sui resti si ritiene che l'edificio fosse composto da otto sale: tre di forma ottagonale, due quadrangolari, una biabsidata con funzione di raccordo fra i due ambienti ottagonali, una rettangolare (probabilmente una sorta di corridoio) ed una di forma absidale. Accanto all'ottava sala vi sono alcune aree dalla forma irregolare, probabilmente zone aperte o adibite a servizi.
Le dimensioni del complesso, e la certezza che esso si espandesse anche nelle adiacenze, ha fatto presupporre che esso fosse adibito appunto a bagno pubblico, forse annesso alla biblioteca donata alla città da un illustre concittadino: Plinio il Giovane. L’esistenza della biblioteca a Como è attestata da una lettera dello stesso Plinio e da un’epigrafe del periodo in cui si fa riferimento ad un edificio termale in città – anche se tale iscrizione non chiarisce se tale complesso sia stato costruito da Plinio insieme alla biblioteca; inoltre in epoca romana non era raro vedere queste funzioni adiacenti l’una all’altra (come ad esempio nel complesso delle Terme Alessandrine a Roma).

Fig. 69 – Ricostruzione grafica della planimetria dell’edificio

Fig. 70 – I resti delle terme romane in una foto degli anni Settanta

Data la collocazione delle rovine – in Zona A – e la loro natura, fin dal 1971, anno del loro ritrovamento, esse erano sottoposte a vincolo assoluto di inedificabilità. Questo aveva dunque interrotto qualsiasi velleità di costruire proprio in quest’area un parcheggio a più piani. Tuttavia recentemente la necessità di edificare dei nuovi padiglioni dell’Ospedale Valduce (anch’esso affacciato su Via Dante) ha portato alla ribalta la carenza di posti auto nel centro storico di Como, problema che sarebbe risolto appunto con la costruzione dell’autosilo, in progetto da oltre trenta anni. Dopo numerosi rinvii, dovuti principalmente ai dibattiti tra l’Amministrazione comunale e i proprietari dell’area adiacente alle terme (l’Ospedale Valduce) sulla possibilità di svincolare l’area per permetterne la costruzione, nel febbraio 2003 la situazione è stata sbloccata attraverso un cambiamento del vincolo che ha permesso uno spiraglio di fattibilità. Dal punto di vista legale il Comune, proprietario dell’area archeologica, ha dato il terreno in concessione d’uso all’Ospedale, che ha così potuto provvedere alla progettazione del parcheggio di cinque piani fuori terra (l’ultimo a cielo aperto) per un totale di 399 posti

auto. Il progetto di massima è stato approvato dalla Sovrintendenza ed è ora al Ministero in attesa dell'autorizzazione finale.

Figg. 71 e 72 – Vista delle rovine romane rispettivamente da via Dante e da via Lecco. Si può notare il notevole dislivello, di circa quattro metri, rispetto al piano delle strade sopra citate.

### 4.2 – Descrizione dell'intervento

L'ipotesi progettuale prende spunto dalla necessità di progetti pilota che dimostrino concretamente le possibilità delle tecnologie per il risparmio energetico, con l'obiettivo di ottenere una sostanziale riduzione del fabbisogno energetico di un edificio residenziale; tuttavia come già detto non può prescindere anche da considerazioni relative al contesto in cui viene inserito. Il progetto infatti propone una sistemazione alternativa dell'intero isolato, al fine di migliorarne la qualità estetica ed architettonica, valorizzandolo coinvolgendo anche le aree limitrofe, tra cui quella delle terme romane e del parcheggio adiacente (quello interessato dal progetto dell'autosilo). Questo senza stravolgere interamente l'aspetto e la visibilità dell'isolato, come a mio parere farebbe un edificio di cinque piani fuori terra che sovrasta le rovine, confinandole ad un ruolo ancor più marginale nel tessuto urbano.

#### *4.2.1 – Paradigmi di progetto e obiettivi*

Ogni progetto prende spunto da situazioni contingenti – l'ambiente – e da una serie di paradigmi che il progettista deve avere chiari per poter raggiungere l'obiettivo che si pone.
L'obiettivo del progetto illustrato è quello di ottenere un **fabbisogno energetico ridotto grazie allo sfruttamento di risorse rinnovabili**. Questo comporta l'integrazione di tecnologie quali sistemi fotovoltaici, sistemi solari attivi e passivi quali serre e collettori solari, ma anche il rispetto e lo sfruttamento di quanto l'ambiente può offrire: dunque attenzione all'orientamento, al percorso del sole rispetto al punto in cui posizionare l'edificio, la ventilazione naturale e l'apporto del sole.
Dal momento che si tratta comunque di un complesso di due palazzine residenziali, tali obiettivi vanno raggiunti anche nel rispetto del comfort degli utenti di tali abitazioni, aspetto in ogni caso strettamente connesso con il fabbisogno energetico dell'edificio o dell'ambiente. I paradigmi assunti per sviluppare il progetto sono volti principalmente a rispettare il bisogno di comfort delle persone e il grado di utilizzazione dell'appartamento, e sono:

- **Flessibilità dell'unità abitativa**, al fine di avere:
- una migliore fruizione dello spazio;
- una possibilità di modificare l'unità abitativa nel tempo e a seconda delle necessità;
- **Flessibilità tecnologica degli ambienti,** per:
- Un migliore adattamento dell'abitazione a chi vi risiede e alle sue necessità;
- Avere un migliore gradi di reversibilità e trasformabilità nel tempo, evitando l'obsolescenza funzionale dell'appartamento e dei sistemi che lo compongono;
- **Integrazione di tecniche e tecnologie innovative per il risparmio energetico**:
- Introduzione nel progetto di sistemi solari passivi
- Impianto fotovoltaico per la conversione della radiazione solare in energia elettrica
- Uso di collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria
- **Utilizzo della normativa vigente in materia di risparmio energetico in edilizia**:
- Legge 10 del 9 gennaio 1991
- D.P.R. 412 del 1993
- Agenda 2 locale
- Piano Energetico Comunale del Comune di Como (1996)
- Piano Energetico Provinciale del Comune di Como (2001)

### *4.2.2 – Orientamento e dati climatici*

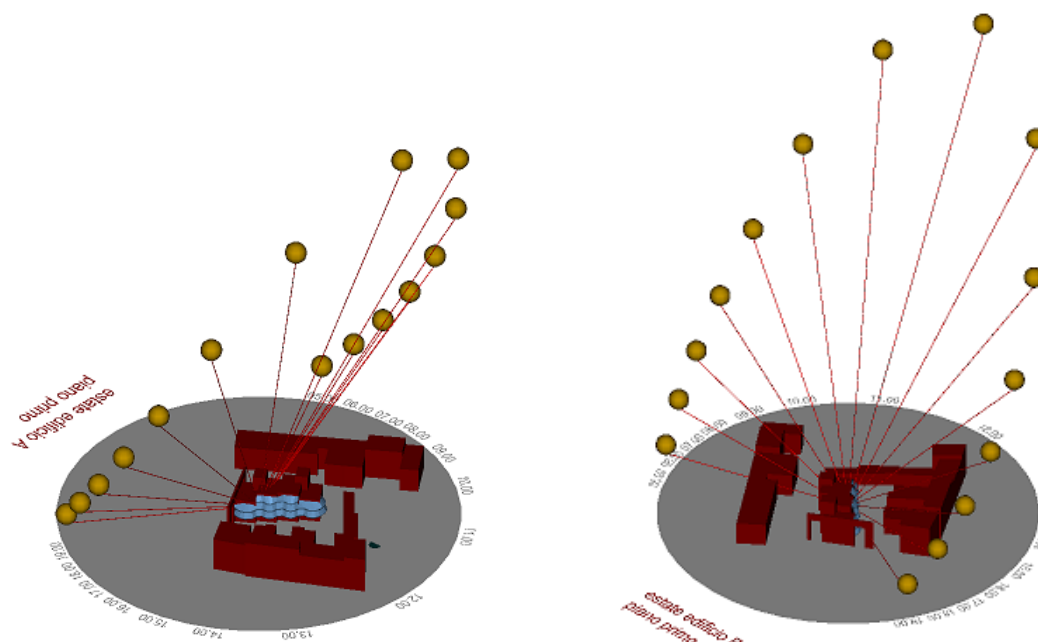
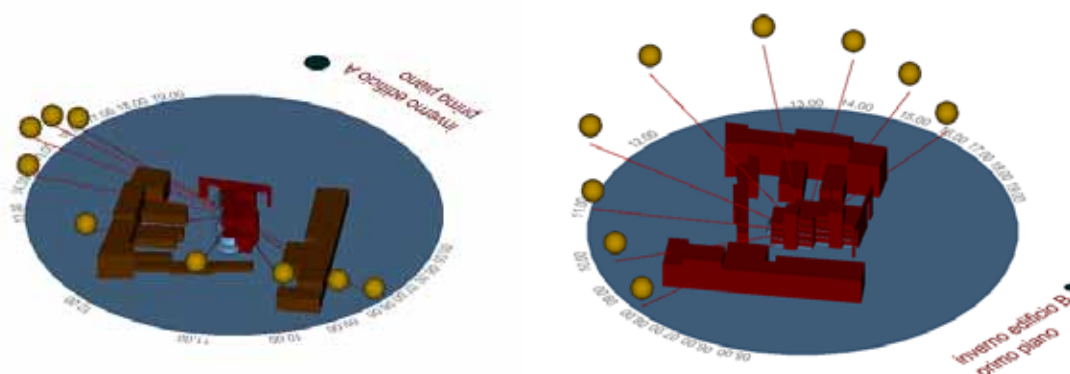
Ad una prima analisi il lotto in esame, privo di edifici se non quelli antecedenti al 1760 (e pertanto non demolibili) che costituiscono la cortina a Sud e Sud-Ovest dell'isolato, fruisce di un'ottima insolazione, dato il suo orientamento rispetto ai punti cardinali. Gli edifici limitrofi (la cortina su Via Lecco, prima citata, l'edificio residenziale e commerciale a Sud, il complesso dell'Ospedale Valduce a Nord-Est) sono sufficientemente bassi per garantire il soleggiamento durante la maggior parte della giornata.
Per ottenere un quadro più preciso delle ore effettive di soleggiamento dell'intero complesso è stata effettuata un'analisi del percorso solare in due condizioni estreme, in estate (21 giugno) e in inverno (21 dicembre) rispetto all'insediamento progettato; considerando le due palazzine A e B e i rispettivi piani, il risultato è stato:

| EDIFICIO A | ORE DI SOLEGGIAMENTO | |
|---|---|---|
| | ESTATE | INVERNO |
| PIANO TERRA | 7-17 | 10-12 |
| PIANO PRIMO | 6-16 | 9-14 |
| PIANO SECONDO | 5-17 | 9-15 |
| PIANO TERZO | 5-17 | 8-15 |

| EDIFICIO B | ORE DI SOLEGGIAMENTO | |
|---|---|---|
| | ESTATE | INVERNO |
| PIANO TERRA | 7-17 | 10-12 |
| PIANO PRIMO | 6-17 | 9-14 |
| PIANO SECONDO | 5-18 | 9-15 |
| PIANO TERZO | 5-18 | 9-15 |

Tab. 14 – Ore di soleggiamento dei due edifici progettati, in inverno ed estate.

Da questa analisi si evince come il complesso, dato il suo orientamento, possa contare su una quantità di luce (e calore) notevole dalle prime ore del mattino fino al primo

pomeriggio. Inoltre essendo l’asse delle palazzine scostato di circa 45° rispetto al Nord geografico, non esiste alcun prospetto interamente rivolto a Nord, dove le condizioni sono più sfavorevoli per la mancanza di illuminazione diretta, né ad Ovest, dove i raggi del sole hanno un’inclinazione più bassa (tramonto) e possono concorrere a creare situazioni di discomfort all’interno dei locali.

Figg. 73 e 74 – Studio del percorso solare in estate (21 giugno), rispettivamente per la palazzina A e B (destra e sinistra).

Figg. 75 e 76 – Studio del percorso solare in inverno (21 dicembre), rispettivamente per la palazzina A e B.

Nonostante gli edifici limitrofi che costituiscono la “cortina” dell’isolato siano piuttosto bassi, specialmente in inverno possono interferire con la radiazione solare riducendo parzialmente il soleggiamento nei primi piani fuori terra delle costruzioni. Da qui l’importanza di dare alla serra una configurazione “bombata”, che nella sua parte alta segua l’inclinazione prevalente dei raggi solari, oltre che per il funzionamento dell’impianto fotovoltaico lì posizionato anche per schermare i caldi raggi estivi, in modo che possa catturare dall’alto quanta più luce possibile.
Per evitare, specialmente in estate, che un’eccessiva quantità di sole penetri nella serra surriscaldandola (e influenzando quindi la temperatura interna anche dei locali attigui) la parete affacciata a Sud-Ovest è costituita da un alto muro che si prolunga ben oltre la

costruzione residenziale, al fine di costituire una quinta che intercetti la maggior parte di tali raggi, ombreggiando così la serra, già riscaldata dal calore accumulato durante tutto il giorno e permettendo di evitare schermature interne alla serra.
Infine vista l'esposizione prevalente a Sud – Sud-Est e Sud-Ovest del complesso per limitare i danni determinati dal surriscaldamento dell'ambiente la parte trasparente (la serra) è costituita da vetrate isolanti con vetri basso emissivi a controllo solare, che riducono notevolmente la trasmissione energetica, controllando così anche la temperatura interna, pur garantendo una buona luminosità all'interno degli ambienti.

### *4.2.3 – La struttura e gli impianti*

La struttura portante del complesso, suddiviso in due palazzine per una migliore distribuzione degli alloggi e per evitare un eccessivo sviluppo in lunghezza che avrebbe potuto dare qualche problema, è in acciaio, composta da un reticolo di travi e pilastri HE B 280, opportunamente dimensionata.
La scelta di costruire il complesso residenziale interamente in acciaio dipende in gran parte dalla possibilità di coprire in questo modo luci molto consistenti (nel caso in esame quasi 8 metri) progettando uno spazio completamente libero da vincoli statici e pertanto più flessibile e aperto a diverse configurazioni.
Questo era un obiettivo importante da perseguire per garantire agli appartamenti la massima flessibilità interna, letta sia dal punto di vista della diversa aggregazione degli ambienti sia da quello della possibilità di suddividere gli alloggi in diverse metrature, raggiunto anche grazie all'assemblaggio a secco dei vari componenti, che rende possibile modifiche ed adattamenti reversibili dei subsistemi tecnologici.
A questo obiettivo concorre anche la scelta di posizionare le asole tecniche nelle murature che suddividono le unità abitative, aggregando così gli spazi destinati a cucine e cucinotti a due a due, e liberando lo spazio da qualsiasi vincolo interno che possa diminuire la libertà nella distribuzione degli ambienti.
Sempre per questo motivo anche le partizioni interne sono state pensate come tamponamenti leggeri, che a differenza delle murature tradizionali, permettono di cambiare assetto alla casa con molta più facilità, data la loro agevole sostituzione, la loro leggerezza e la relativa economicità.

Fig. 77 – Schizzo euristico della struttura

Per quanto riguarda la facciata Sud-Ovest della casa, questa è interamente occupata dalla serra ad andamento sinuoso, che “abbraccia” l’edificio fino ad occupare parte del prospetto Est del complesso. La struttura della serra è stata pensata come parte integrante della struttura della casa, a cui si lega attraverso le partizioni orizzontali. Al primo piano la serra tocca la sua profondità massima, con 3,5 metri. Non potendo la struttura lavorare a sbalzo si è resa necessaria la progettazione a piano terra di una serie di pilastri che la sorreggono e che costituiscono una sorta di porticato per i negozi ubicati appunto a piano terra. L’andamento di questi pilastri circolari in acciaio (in questo modo infatti si possono utilizzare dimensioni e spessori minori che non con pilastri ad H, evitando nel contempo, data la forma della sezione, sollecitazioni come momenti torcenti) segue quello delle serre sovrastanti.
Nei piani superiori invece i solai delle serre sono leggermente più arretrati rispetto a quello del piano primo, in modo da permettere uno sviluppo simile a quello di una “bolla” e sfruttare al meglio l’apporto dei raggi solari mediante l’inclinazione dei vetri che compongono la copertura della serra. Data la profondità relativamente ridotta (2.5 metri e 2 metri rispettivamente ai piani secondo e terzo) il funzionamento di tale solaio è assimilabile ad una mensola.
Questo permette di avere una struttura della vetrata relativamente esile dal momento che deve esclusivamente portare il peso del tamponamento trasparente: si tratta di un sistema a montanti e traversi che, con l’inserimento anche di montanti diagonali, permette di fungere anche da controvento (funzione piuttosto rilevante dal momento che i venti dominanti spirano proprio da Sud), con l’unica controindicazione di sacrificare parte della trasparenza.

### *4.2.4 – Orientamento dei locali*

Una corretta progettazione degli spazi interni all’abitazione può contribuire in modo determinante all’ottenimento di un buon livello di comfort per l’utente e di elevate prestazioni energetiche: in particolare è consigliabile una gerarchizzazione delle unità funzionali in rapporto all’esposizione e all’orientamento dell’edificio. La distribuzione ottimale delle funzioni all’interno dell’abitazione, per latitudini comprese tra 35°N e 50°N (in cui ricade la località di progetto – 45°48’N) è la seguente:

| | N | NE | E | SE | S | SO | O | NO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Camera da letto | | * | * | * | * | * | | |
| Soggiorno e ambienti pluriuso | | | | * | * | * | * | |
| Cucina abitabile o zona pranzo | | | * | * | * | * | * | |
| Cucinino | | * | * | | | | | * |
| Bagno | * | * | | | | | | |
| Lavanderia, ripostiglio, corpo scala | * | * | | | | | | * |
| Terrazza | | | * | * | * | * | * | |

Tab. 15 – Orientamenti ottimali per i diversi ambienti della casa

Da questa tabella si deduce come le camere da letto o in generale ambienti utilizzati nella seconda parte della giornata traggono i maggiori benefici se orientati ad Est e Sud-Est, al fine di evitare l'eccessivo calore del sole pomeridiano che si verificherebbe con esposizioni a Ovest – Sud-Ovest, in particolare nella stagione estiva.
I locali di servizio, quali cucine, bagni, lavanderie etc. possono invece essere posizionati anche a Nord, esposizione con soleggiamento minimo anche se più regolare e particolarmente adatto qualora si volesse privilegiare tale caratteristica rispetto all'apporto di calore fornito dai raggi solari diretti.

Questo tipo di approccio è stato utilizzato nella distribuzione interna dei locali nel progetto, a partire dalla scelta di posizionare le torri che costituiscono i corpi scala a Nord-Est, favorendo uno sviluppo delle unità abitative volto prevalentemente a Sud. La conformazione del corpo scale deriva dalla necessità di distribuire gli ingressi agli appartamenti attraverso un ampio pianerottolo in modo tale da non compromettere la eventuale apertura nel tempo di altri ingressi, assecondando così eventuali nuove configurazioni degli alloggi.
L'asse del complesso è ruotato di circa 45° rispetto al Nord geografico, evitando così tale svantaggioso affaccio: è stato così possibile posizionare verso Nord-Est ambienti come le camere da letto che ricevono così luce e calore alle prime ore del mattino e non sono utilizzati durante il giorno. In alcuni casi data la forma e la dimensione dell'alloggio si è reso necessario esporre le camere da letto verso sud, anche per usufruire della possibilità di espandersi (e quindi eventualmente ospitare più persone) "ritagliando" una parte della serra attraverso partizioni trasparenti quali finestre pivotanti o pannelli scorrevoli.

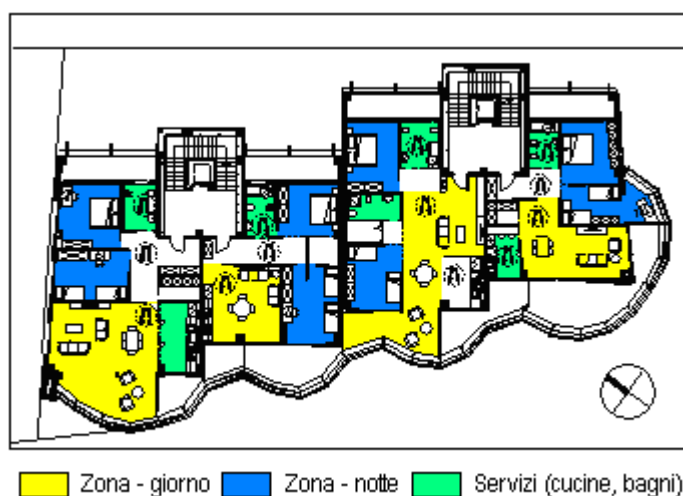
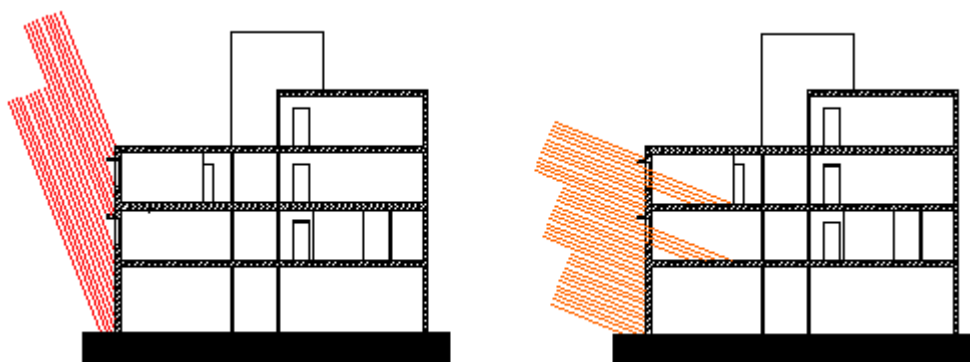



Fig. 78 – Pianta Piano Tipo. Gli ambienti esposti a Sud-Ovest, affacciati sulla serra, sono principalmente le zone giorno, che possono sfruttare quest'ultima sia dal punto di vista del riscaldamento che dimensionale.

Per sfruttare maggiormente le potenzialità dell'ampio affaccio a Sud-Est, la maggior parte dei locali costituenti la zona-giorno (o comunque locali maggiormente usati durante tutto l'arco della giornata) sono contigui alla serra che costituisce la facciata Sud degli edifici, garantendo così agli stessi l'illuminazione dalle prime ore del mattino fino a pomeriggio inoltrato.
L'esposizione a Sud-Ovest è invece limitata e caratterizzata dalla forte presenza del muro prospiciente le terme romane che funge da utile schermatura ai bassi e caldi raggi ultravioletti che andrebbero ad alimentare il surriscaldamento dei locali, in virtù anche della temperatura dell'aria già riscaldata dall'apporto solare ricevuto durante il giorno.

Le finestre aperte su questo fronte sono necessarie per una corretta ventilazione dei locali, che sfrutta la direzione prevalente del vento dominante (Sud).

Da quanto si evince dallo studio del percorso del sole in rapporto all'area di progetto, le aperture sul muro sono investite dalla radiazione solare solo nelle ore pomeridiane, e per limitare la penetrazione di tali raggi solari all'interno dell'ambiente è stato previsto un frangisole fisso la cui profondità non impedisce l'illuminazione invernale, favorendo il guadagno diretto quando è più necessario, mentre in estate, data la maggiore inclinazione dei raggi del sole, questi si frangono su di esso ombreggiando il locale senza impedirne l'illuminazione.

Figg. 79 e 80 – Sezione trasversale dell'edificio; Situazione estiva ed invernale – La presenza di un frangisole fisso sopra le finestre affacciate ad Ovest permette al sole di entrare negli ambienti solo in inverno.

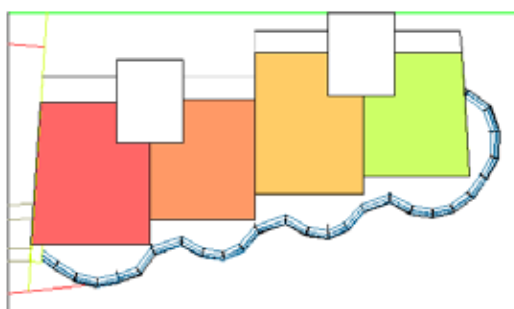
### *4.2.5 - Tipologie di appartamenti*

Uno degli obiettivi principali del progetto è quello di evitare l'obsolescenza funzionale dell'edificio prevedendo un suo adattamento nel tempo alle diverse esigenze degli utenti e alle dinamiche evolutive del settore residenziale.
Questo è reso possibile dall'espansione (o riduzione) degli spazi abitabili a seconda delle richieste dell'utenza, accorpando o disaccorpando parte dei locali e coinvolgendo la serra, in quanto ambiente abitabile, nelle dinamiche dell'appartamento.
La flessibilità degli alloggi, intesa come "mezzo" per evitare l'obsolescenza funzionale e la standardizzazione dell'alloggio, è infatti intesa in due sensi:

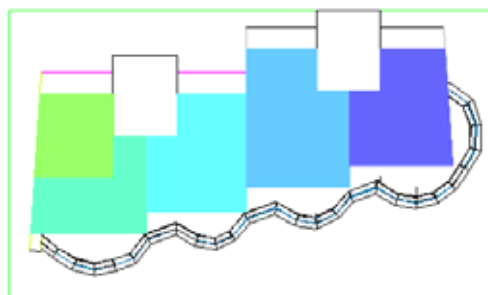
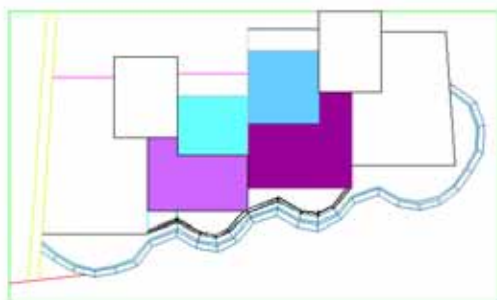
- Possibilità di configurare in modo diverso i locali all'interno dell'appartamento
- Possibilità di ampliare dimensionalmente l'appartamento attraverso l'inglobamento di parte della serra nei locali attigui.

All'interno del complesso residenziale progettato è possibile distinguere vari tipi di unità abitative, che rispondono a diverse metrature e, di conseguenza, anche a diversi tipi di utenti che possono avvicendarsi nell'abitazione.
Sono state individuate diverse tipologie a seconda della palazzina di appartenenza, dal momento che queste differiscono leggermente dal punto di vista dimensionale - a causa dell'allineamento dei fabbricati delle due testate alle preesistenze, e tipologico data la diversa sistemazione delle finestrature.

Al piano primo, considerato piano tipo, sono stati predisposti quattro appartamenti, concepiti per famiglie di quattro/cinque persone, ciascuno dei quali può contare su una pressoché analoga superficie di serra da utilizzare come eventuale ampliamento dei

locali direttamente attigui. In questo caso negli schemi è stato tenuto conto della possibilità di aumentare anche i componenti del nucleo familiare.
Ai piani superiori invece sono stati concepiti diversi tipi di appartamento che cercano di soddisfare le esigenze di altre tipologie di utenti, con la progettazione di piccoli mono-bilocali dalle metrature contenute (laddove la superficie totale di piano lo consentiva) per famiglie composte da una o due persone.
La caratteristica di questi alloggi è la facilità con cui possono essere realizzati, suddividendo ad esempio l'alloggio preesistente, senza grosse spese di adeguamento, grazie all'utilizzo di tramezzi leggeri (ma certificati e con elevate caratteristiche tecniche, tra le altre per esempio quella di attenuazione dei rumori) e la preventiva predisposizione delle asole tecniche per gli impianti utili per qualsiasi configurazione dell'alloggio.
Infine è stata ideata un'ulteriore tipologia di appartamenti denominati "duplex", ossia disposti su due piani e comunicanti attraverso una scala interna. In questo modo si possono soddisfare anche le esigenze delle famiglie più numerose (fino a 6-7 persone) o con esigenze particolari di spazio, quali la creazione di appositi ambienti di lavoro/studio. Tali appartamenti sono costituiti da un alloggio base, facilmente convertibile in un duplex attraverso l'inserimento in appositi spazi di servizio (solitamente la fine di corridoi di distribuzione) della scala autoportante che conduce al piano superiore, dove è allestita una camera da letto doppia e un bagno.
Accoppiato a questa tipologia duplex è un mono-bilocale, affacciato a Sud, che può così sfruttare i benefici della serra (avendo un solo affaccio) e la possibilità di allargare la propria zona a giorno di qualche metro quadrato.

| MODULO | AREA | UTENTI | AMPLIAMENTO |
|---|---|---|---|
| 1 | Mq 102 (simplex) | 4 persone | zona giorno (+16 mq) |
| 2 | Mq 80 (simplex) | 4 persone | zona giorno/notte (+12 mq) |
| 3 | Mq 96 (simplex) | 4 persone | zona giorno/notte (+15 mq) |
| 4 | Mq 80 (simplex) | 4 persone | zona giorno/notte (4 pers./+25 mq) |

| MODULO | AREA | UTENTI | AMPLIAMENTO |
|---|---|---|---|
| 5 | Mq 48 (simplex) | 2 persone | |
| 6 | Mq 52 (simplex) | 1 persona | zona giorno/notte (2 pers./+12 mq) |
| 7 | Mq 55+30 (duplex) | 6 persone | zona giorno/notte (+10 mq) |
| 8 | Mq 80+40 (duplex) | 6 persone | zona giorno/notte (7 pers./+13 mq) |
| 9 | Mq 80 (simplex) | 4 persone | zona giorno/notte (4 pers./+25 mq) |

| MODULO | AREA | UTENTI | AMPLIAMENTO |
|---|---|---|---|
| 10 | Mq 40 (simplex) | 1 persona | zona giorno/notte (2 pers./+8 mq) |
| | Mq 55 (simplex) | 2 persone | zona giorno (+10 mq) |

Figg. 81, 82 e 83 – Soluzioni tipologiche adottate in ciascun piano (Piano primo e secondo in alto; Piano terzo in basso).

### 4.3 – Le tecniche e le tecnologie impiegate per il risparmio energetico

Il raggiungimento dell'obiettivo di progettare un complesso residenziale energeticamente autosufficiente (in condizioni climatiche favorevoli) o comunque con un consumo energetico notevolmente ridotto rispetto agli standard tradizionali è dovuto alle scelte morfo - tipologiche, alle tecniche e tecnologie inserite nel progetto e alla loro interazione sinergica. La **forma dell'edificio** e delle sue componenti, **l'orientamento rispetto al percorso del sole** e ai punti cardinali – pensati per sfruttare al meglio l'apporto solare e minimizzare le dispersioni – massimizzano infatti il loro effetto grazie all'integrazione nell'architettura di tecnologie innovative, quali **impianti solari a collettori piani e impianti fotovoltaici**, ma anche grazie a tecnologie passive come la **serra** e la sua **struttura**, vista come componente impiantistico che garantisce un notevole risparmio energetico per quanto riguarda il riscaldamento degli ambienti.
Se le scelte progettuali e architettoniche che incidono sui consumi energetici e che rendono gli edifici "sostenibili" trovano un ostacolo al loro impiego solo nella volontà e nella capacità del progettista, l'utilizzo, specialmente in progetti di edilizia residenziale, di tecnologie avanzate come quelle sopra citate (collettori solari e fotovoltaico) è ancora poco diffuso per questioni prettamente economiche. Il costo iniziale di questo tipo di impianti è ancora un forte deterrente alla loro diffusione su larga scala, e li rende proibitivi per piccoli interventi. Per ovviare a questo grosso problema sono stati predisposti, sulla falsariga di quanto avviene in altri Paesi Europei già da qualche anno, programmi di finanziamento a fondo perduto, da parte dello Stato e di alcune Regioni italiane, che contribuiscono fino ad un massimo del 75% del costo di investimento iniziale permettendo così l'installazione più capillare sia in edifici di nuova costruzione che in ristrutturazioni, garantendo inoltre il ritorno economico calcolato in pochi anni.

Nel progetto presentato al fine di garantire il comfort all'interno degli appartamenti, con un occhio di riguardo per il risparmio energetico sono stati utilizzati sistemi attivi e passivi, quali:

- Ventilazione e ricambi d'aria
- Serra addossata
- Iperisolamento
- Impianto fotovoltaico
- Impianto a collettori solari.

La scelta di inserire queste tecnologie, facendole interagire, è stata dettata soprattutto dalla volontà di essere quanto più possibile aderente agli strumenti normativi ed attuativi di Como, in cui sono dettate precise indicazioni sulle azioni concrete da mettere in pratica per la realizzazione e la diffusione di architetture "sostenibili". Seguendo quanto consigliato dai Piani Energetici Comunale e Provinciale, il progetto si può definire come esempio dimostrativo delle potenzialità delle tecniche e delle tecnologie per il risparmio energetico, provvedendo ad inserire, integrandoli nelle scelte architettoniche ed estetiche, sistemi attivi quali appunto l'impianto fotovoltaico (per la conversione diretta di energia solare in energia elettrica) e l'impianto a collettori solari piani (per la produzione di acqua calda sanitaria e, insieme alla serra, per il riscaldamento e raffrescamento degli ambienti).
Non sarebbe stato possibile, o comunque vantaggioso, l'utilizzo di tali sistemi senza gli incentivi appositamente erogati dalla Regione Lombardia (§ Cap. 6 – Allegati: Bando

per il solare termico e Bando per impianti fotoltaici). Tali contributi infatti permettono di abbassare notevolmente i costi iniziali, e di prevedere tempi di ritorno dell'investimento piuttosto brevi, grazie soprattutto al risparmio, economico oltre che ambientale, che gli stessi impianti garantiscono con la loro messa a regime.

### *4.3.1 – Ventilazione e ricambi d'aria*

Al fine di garantire un buon livello di comfort all'interno degli appartamenti è necessario considerare l'apporto fornito dalla ventilazione e dai conseguenti ricambi d'aria.
Questi ultimi sono indispensabili per prevenire la sensazione di malessere legata principalmente a:

- Viziatura dell'aria
- Aumento di temperatura e umidità
- Liberazione di prodotti organici e odori

I ricambi d'aria possono essere di varia natura, e concorrono al benessere dell'individuo. Esistono i seguenti tipi di ricambio d'aria:

- NATURALE o spontaneo: afflusso permanente di aria esterna garantito dai naturali moti convettivi dell'aria, ottenuto a porte e finestre chiuse (infiltrazioni)
- SUSSIDIARIO: ricambio d'aria anche di natura non continua, ottenuto mediante apertura di superfici comunicanti con l'esterno; serve per integrare l'aerazione naturale.
- ARTIFICIALE: è un ricambio d'aria garantito da impianti meccanici che estraggono o immettono aria
- CONDIZIONAMENTO: ricambio d'aria ottenuto mediante impianti che agiscono controllando i parametri microclimatici.

Il movimento naturale dell'aria nei vecchi sistemi costruttivi determinava circa 0,5-1 ricambi d'aria completi all'ora, attraverso la porosità delle pareti e le fessure in corrispondenza degli infissi; esso veniva attivato dalla differenza di temperatura tra esterno ed interno. Ora l'impiego in edilizia di materiali innovativi e più efficienti hanno ridotto di molto questo apporto, fino ad un massimo di 0.5 ricambi/ora. Si rende quindi necessario un intervento da parte del progettista per integrare tale quantità fino ad ottenere un numero di ricambi/ora adeguato al tipo di attività che si svolge nei locali.
Nelle abitazioni il valore ritenuto più corretto è di 0,5-1 ricambio/ora, considerando 1 ricambio all'ora per la cucina, 2 per il bagno e 0,5 per tutti gli altri locali.
Va considerato come i ricambi d'aria, per quanto necessari e stabiliti per legge, costituiscono un veicolo di scambio energetico tra l'interno e l'esterno di un appartamento, favorendo così la dispersione di calore in particolare nella situazione invernale.

L'aerazione naturale nel complesso progettato è favorita dalla posizione delle aperture e delle partizioni interne degli appartamenti, disposte in modo tale da non ostacolare il flusso dell'aria (considerando che il vento dominante della zona spira da Sud), anzi "incanalandolo" in percorsi che migliorino la ventilazione degli ambienti che avviene tra finestre poste su fronti diversi. Durante l'estate questo ricircolo di aria può contribuire a creare nelle stanze, specialmente quelle esposte a Sud e pertanto più soggette ad una elevata insolazione – e indirettamente alle alte temperature – una situazione maggiormente confortevole, anche se questo espediente non è risolutivo se non in casi di temperature miti o comunque non eccessive.

Fig. 84 – Esempio di ventilazione interna agli appartamenti del piano tipo. Essa è favorita dalla disposizione delle aperture, poste su diversi fronti dell'edificio per favorire la circolazione dell'aria, dalla direzione del vento dominante e dalle partizioni interne agli appartamenti che in linea di massima non ostacolano il flusso.

### *4.3.2 – La serra addossata*

I sistemi solari passivi (cioè quelli che raccolgono e trasportano il calore senza l'ausilio di dispositivi meccanici) possono essere suddivisi in sistemi a guadagno diretto o indiretto, a seconda del rapporto che si instaura tra il sole, l'accumulatore termico e l'ambiente da riscaldare.
La serra solare può essere considerata una combinazione di sistemi a guadagno diretto ed indiretto, dal momento che presenta una superficie vetrata, rivolta verso sud per utilizzare al meglio la luce e il calore dei raggi solari, che permette il riscaldamento diretto dell'ambiente protetto da tale facciata; la presenza di un sistema di accumulo del calore (il pavimento della serra o la parete di separazione dal locale attiguo) favorisce anche il guadagno indiretto, ossia il riscaldamento dell'ambiente addossato alla serra attraverso il calore trasferito proprio da tale superficie di accumulo all'aria.
Dunque la serra può essere vista come un ambiente in cui vivere, che può essere utilizzato in modo sporadico, temporaneo o anche permanente, ma anche come accumulatore di calore. Da sempre però è anche sinonimo di "trasparenza", data la notevole estensione della superficie vetrata che ne costituisce la pelle, ed è diventata anche grazie a questa sua caratteristica un elemento importante nel panorama architettonico contemporaneo: da spazio nato per la coltivazione di piante e fiori a spazio abitato supplementare nella residenza, utilizzato come estensione dei locali diurni (specialmente nel periodo invernale) e particolarmente gradito dall'utenza per la sensazione di "dilatazione" dello spazio interno e di continuità con quello esterno, sia al punto di vista dell'illuminazione che della visibilità. Tutto questo poi è ancora più accentuato dalla predisposizione della copertura anch'essa vetrata e inclinata, che permette la visione anche di una porzione di cielo e una sensazione di maggiore coinvolgimento.
Nell'Europa centrale e del Nord la serra è molto utilizzata nell'edilizia residenziale per integrare i sistemi di riscaldamento tradizionali sfruttando gli apporti energetici della

fonte rinnovabile per eccellenza, il sole, con ottimi risultati in termini di comfort degli abitanti e di risparmio energetico.

Le caratteristiche principali della serra addossata sono:

- Orientamento ottimale da Sud-Ovest a Sud-Est
- Grande superficie rispetto al volume
- Pareti vetrate opache o vetrate con isolamento
- Rapporto ottimale profondità/larghezza 1:3
- Copertura vetrata o opaca con isolamento

Gli svantaggi connessi a questo tipo di ambiente sono principalmente dovuti alla notevole dispersione di calore attraverso l'ampia superficie vetrata, con il conseguente rischio di eccessivo raffreddamento dell'ambiente in inverno e durante la notte e al problema contrario del surriscaldamento estivo.
Si rendono dunque necessari alcuni accorgimenti per limitare tali svantaggi, attraverso la predisposizione di:

- Sistemi di ombreggiamento, preferibilmente regolabili, per la copertura e le pareti vetrate
- Massima apribilità dei serramenti per favorire la ventilazione ed evitare il surriscaldamento dell'ambiente
- Utilizzo di vetri particolari (principalmente vetrate isolanti con vetri basso-energetici, le cui caratteristiche permettono di abbassare notevolmente la quantità di calore che penetra nell'ambiente senza diminuire in modo sensibile l'illuminazione interna) che garantiscano alti livelli di comfort nei locali della serra.

La serra progettata per questo intervento vuole essere una sorta di spazio-tampone tra interno ed esterno, necessario per un efficace controllo dei flussi energetici che l'edificio e l'ambiente si scambiano, ma anche spazio utilizzabile dall'utente come parte della propria abitazione, nonché parte integrante della strategia per la flessibilità degli alloggi. Utilizzando la serra principalmente come ambiente a guadagno diretto, è opportuno effettuare un calcolo sul guadagno termico e sulla temperatura interna alla serra che si raggiunge in determinate condizioni climatiche, in estate e in inverno, per verificare i vantaggi che derivano dall'utilizzare questo tipo di sistema all'interno di un progetto che mira all'autosufficienza energetica.

Dai calcoli effettuati in due situazioni standard, quella invernale (gennaio) e quella estiva (luglio), è stato evidenziato come gli ambienti posti a diretto contatto con la serra – e in alcune occasioni anche comprendenti parte di essa – durante la stagione fredda possano contare sul riscaldamento ottenuto dai raggi solari che, penetrando nel locale attraverso le ampie superfici vetrate, garantiscono un cospicuo guadagno diretto durante le ore centrali della giornata (in virtù della forma della serra che segue il percorso solare), da aumentare con il guadagno ottenuto grazie alla massa di accumulo, ossia la soletta stessa della serra. Questo infatti è stato debitamente differenziato da quello presente all'interno dell'abitazione per favorire il funzionamento classico di una serra, ossia di "serbatoio" che accumula calore. Non avendo a disposizione a questo proposito un muro – in muratura o ad acqua – come consigliato, si è optato per la costruzione di un massetto in calcestruzzo montato a secco sulla lamiera grecata, opportunamente ribassata rispetto a quella utilizzata nel resto dei solai, che sopperisce adeguatamente alla mancanza. Questo garantisce inoltre il mantenimento della temperatura interna dell'ambiente per almeno due - tre giorni anche in assenza di sole.

In questo modo una grossa parte di superficie abitabile è esente dal fabbisogno di riscaldamento aggiuntivo, coperto dagli apporti solari gratuiti, mentre i restanti metri quadrati sono riscaldati mediante pannelli radianti a parete. Qualora le condizioni climatiche fossero avverse o non consentissero l'accumulo di calore e la penetrazione dei raggi solari per molti giorni è comunque possibile attivare il riscaldamento tradizionale, costituito nella serra da pannelli radianti a pavimento, i cui tubi sono più fitti in prossimità dei vetri per contrastare le dispersioni.

**Esempio:**

**Piano Tipo – Appartamento D**

1.Guadagno diretto

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S | 12 | 4480 | 0.36 | 1612.8 | 19353.6 |
| | S-E | 7.2 | 3160 | | 1137.6 | 8190.72 |
| | E | 12 | 1280 | | 406.8 | 5529.6 |
| | S-O | 6 | 3160 | | 1137.6 | 6825.6 |
| | O | 12 | 1280 | | 406.8 | 5529.6 |
| FINESTRA | N-O | 5.2 | 340 | | 122.4 | 636.48 |
| TOTALE | | | | | | **46065.6** |

Tab. 16 – Tabella per il calcolo del guadagno diretto nell'appartamento D, Piano tipo.

2.Guadagno da serra addossata

HG = 46065.6 x 0,40 = **18426.24 Wh**

3.Guadagno totale:

46065.6 + 18426.24 = **64491.84 Wh**

4.Sottrazione del calore disperso:

64491.84 – 12956.88 = **51534.96 Wh**

5.Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

HG sp = (51534.96 Wh/75 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 4,36 °C = **21.5°C**

Durante l'estate il problema principale della serra addossata è quello del surriscaldamento eccessivo. L'esposizione ai diversi orientamenti e l'ampia superficie vetrata sono i fattori principali che concorrono alla determinazione di temperature molto alte negli ambienti. A questo proposito le ombre portate dalle costruzioni limitrofe, dal muro che si affaccia sulle terme romane e i sistemi di schermatura previsti permettono di ridurre al minimo i carichi termici in questa stagione dell'anno. Gli impianti fotovoltaici che funzionano come ombreggiatura fissa e la forma stessa della serra fanno in modo

che i raggi solari, che raggiungono in questo periodo la loro massima inclinazione (circa 67°), penetrino nel locale solo attraverso un'esigua porzione di vetrata, garantendo così apporto minimo. I calcoli effettuati su tutti gli appartamenti però mostrano temperature interne ancora elevate: pur aggirandosi attorno ai 30-31°C, quando lo standard accettabile per abitazioni con ventilazione naturale è tra i 26-28°C, occorre infatti considerare che sono state utilizzate ai fini dei calcoli temperature medie mensili, pertanto suscettibili di cambiamenti repentini dovuti al clima, e in ogni caso spesso più basse di quelle solitamente registrate nelle giornate estive più calde, come è avvenuto nella torrida estate 2003. Dunque le temperature medie ottenute potrebbero essere aumentate di qualche grado, sottolineando ancora di più la necessità di prevedere sistemi di raffrescamento che non incidano né sui costi né sull'ambiente. A questo proposito i pannelli radianti utilizzati durante l'inverno per il riscaldamento vengono utilizzati per raffrescare i locali, immettendo nelle serpentine che li compongono acqua alla temperatura di 14 -16°C. In questo modo si garantisce un rapido abbassamento della temperatura interna (che dipende dalla potenza dei moduli utilizzati e dalla superficie che ricoprono), senza contare che con questo sistema anche una temperatura di 1-2° superiore a quella ottimale garantisce comunque un ottimo livello di comfort.
Per diminuire l'apporto solare nei mesi estivi e le dispersioni di calore in inverno senza intaccare la trasparenza della serra (mantenendo quindi una elevata trasmissione luminosa), le vetrate sono costituite da un doppio vetro selettivo (basso emissivo e a controllo solare per il controllo dei flussi incrociati termici e solari, ideali per ottimizzare la climatizzazione degli edifici), ciascuno dello spessore di 6 mm e con un'intercapedine di 9 mm, all'interno della quale viene posto una lastra di aerogel, un materiale con una struttura silicea trasparente e altamente porosa, con proprietà ottiche e termiche tali da renderlo molto interessante come materiale isolante nelle finestre, dato che quando è in forma monolitica esso si presenta in lastre trasparenti, che permettono la visione dell'esterno. Incorporando il pannello nella vetrocamera bassoemissiva si è raggiunta una trasmittanza termica U pari a 0,5 $W/m^2K$, che lo rende adatto per applicazioni di controllo solare nell'edilizia residenziale (inoltre la riflessione luminosa propria di questa vetrata è sufficientemente bassa da poter essere tranquillamente utilizzata nei centri urbani). Le lastre di aerogel infatti sono completamente trasparenti, e pur essendo vulnerabili agli sforzi di trazione, resistono bene a quelle di compressione, permettendo appunto di incorporarle tra due pannelli vetrati. I valori di trasmissione luminosa si aggirano attorno al 54% e l'energia solare trasmessa intorno al 45%.
Nonostante i costi elevati di questo tipo di vetrata, data anche la notevole superficie, la serra risulta indispensabile nella strategia per il risparmio energetico dell'insediamento, dal momento che garantisce il riscaldamento di oltre il 50% della superficie abitabile degli appartamenti, risultato difficilmente ottenibile con semplici aperture finestrate rivolte a Sud. Inoltre il guadagno economico derivante dal riscaldamento diretto degli ambienti grazie all'apporto solare permette un rientro economico della spesa, sostenuta senza appoggiarsi a contributi o finanziamenti di alcun tipo (in quanto questo tipo di intervento, seppur finalizzato al risparmio energetico, non compare tra quelli presentati negli strumenti attuativi in vigore a Como), in pochi anni.

#### *4.3.3 – L'isolamento termico delle pareti esterne*

Una azione utile ai fini del risparmio energetico prima di inserire nel progetto qualsiasi tecnologia è quella, auspicata in più paragrafi dei due Piani Energetici consultati– comunale e provinciale – di limitare al minimo le dispersioni termiche attraverso le strutture della residenza. Questo infatti permette di integrare tecnologie non sovradimensionate, oltre a garantire un più corretto e meno costoso funzionamento dell'edificio. A questo proposito il progetto sono stati inseriti nelle murature, posate a

secco, due lastre termoisolanti in polistirene espanso sinterizzato a celle chiuse (EPS), per uno spessore totale di 20 cm: insieme alle lastre in cartongesso che ricoprono la parete internamente e al rivestimento esterno che presenta una intercapedine d'aria necessaria all'attacco delle lastre in zinco alluminio previste, questo accorgimento garantisce una trasmittanza veramente esigua alla parete (pari a 0,16 W/mq K), limitando a pochissimi Watts le dispersioni attraverso le strutture a contatto con l'esterno.

### *4.3.4 - L'impianto fotovoltaico*

La possibilità di utilizzare la tecnologia fotovoltaica integrandola nel progetto di architettura è una delle sfide più interessanti dell'edilizia moderna, specialmente nel comparto residenziale, dove la sua applicazione è ancora limitata e generalmente riservata a pannelli posti in copertura.
La proposta avanzata con questo progetto consiste nel non utilizzare questo elemento esclusivamente con il fine della riduzione del consumo energetico e del maggiore utilizzo della risorsa rinnovabile costituita dal sole: è infatti possibile che la cella fotovoltaica stessa concorra a caratterizzare il progetto dal punto di vista estetico e funzionale.
Le celle fotovoltaiche nel progetto sono posizionate all'interno della vetrata isolante della serra subito sopra i serramenti apribili (ossia ad una altezza indicativa di 2,2 metri): in questa posizione infatti fungono anche da sistema di schermatura dei raggi solari estivi, evitando il surriscaldamento eccessivo dell'ambiente e nel contempo massimizzando la produzione di energia elettrica, data l'inclinazione dei vetri appositamente studiata a questo scopo. Posto che l'orientamento ottimale rimane il Sud geografico (la maggior parte della superficie della serra è infatti orientata verso mezzogiorno), l'inclinazione consigliata per i Paesi della fascia mediterranea è pari all'angolo di latitudine a cui vanno sottratti 5°, al fine di ottimizzare il rapporto tra componente diretta e diffusa nel corso dell'intero anno. È possibile poi privilegiare l'irraggiamento estivo o invernale, inclinando la superficie fotovoltaica dell'angolo pari alla latitudine rispettivamente sottraendo o sommando 10-15°.
Nel progetto, grazie anche al voluto aspetto bombato della serra è stato possibile seguire tali accorgimenti: nella prima fascia di serramenti, subito sopra le finestre, l'inclinazione dei vetri è di circa 40° (ottenuto sottraendo ai 45° di latitudine di Como i 5° consigliati), mentre nella fascia ancora superiore l'inclinazione è stata invece aumentata di circa 10° rispetto alla latitudine per privilegiare l'accumulo invernale e per poter seguire meglio l'andamento della serra.

Ogni appartamento è dotato di un impianto di 2 KWp collegato alla rete, che copre oltre il 70% del fabbisogno di energia elettrica dell'utenza, prospettando così un notevole risparmio economico. Va considerato che l'impianto è dimensionato per le condizioni più sfavorevoli, ossia la massima utilizzazione, per cui è ragionevole pensare che in situazioni standard l'impianto sia più che sufficiente a coprire l'intero fabbisogno. Le celle quadrate, di silicio policristallino, sono così posizionate all'interno della vetrocamera, debitamente distanziate l'una dall'altra in modo da far passare una piccola quantità di luce naturale che concorre all'illuminazione della stanza, creando suggestivi giochi di luce e ombra sui pavimenti. Dall'esterno il colore blu intenso e cangiante delle celle, molto ravvicinate, determina una fascia vetrata che si distingue dalle altre, caratterizzando il prospetto in modo significativo.

Dal punto di vista economico l'installazione è possibile grazie ai contributi regionali relativi al Bando "10000 Tetti Fotovoltaici" (§ Cap. 6 – Allegati), che permettono un

ammortamento dell'investimento iniziale in circa 10 anni, oltre i quali, per i 15 anni circa di vita dell'impianto che restano, è prevedibile anche un ritorno economico, derivante dal risparmio di energia che non viene comprata dal gestore nazionale, ma anche dalla possibilità di "rivendere" allo stesso gestore della rete energetica nazionale, a cui l'impianto è collegato, la produzione di wattora in eccesso (in particolare durante la stagione estiva, quando l'impianto funziona a pieno regime).

### *4.3.5 – L'impianto a pannelli solari*

In copertura è stato installato un impianto solare a collettori piani, in grado di trasformare l'energia proveniente dal sole in energia termica, da utilizzare negli usi quotidiani quali il riscaldamento degli ambienti e la produzione di acqua calda. I collettori solari inseriti nel progetto sono pannelli vetrati con superficie selettiva, in cui l'assorbitore di calore è trattato con un prodotto selettivo all'infrarosso, in modo tale da trattenere il calore e ridurre le riflessioni. Nei tubi che lo compongono scorre acqua mescolata solitamente ad un antigelo antipropilenico. Questo tipo di pannello è stato scelto nonostante sia leggermente più costoso di quelli più diffusi in quanto ha un rendimento maggiore, cosa che lo rende ideale per l'utilizzo durante l'intero anno, anche e soprattutto durante i mesi invernali. L'impianto è a circolazione forzata con un serbatoio di accumulo in quanto, vista la conformazione dell'insediamento, non era possibile il posizionamento di tale serbatoio più in alto dei pannelli stessi per sfruttare un impianto a circolazione naturale. La presenza inoltre del serbatoio di accumulo si rende indispensabile – insieme alla caldaia a condensazione, con un rendimento nettamente superiore a quello delle caldaie murali tradizionali - per le giornate in cui la radiazione solare non è sufficiente a coprire l'intero fabbisogno energetico. La superficie prevista è di circa 185 mq.
Esso è progettato per coprire parte del fabbisogno di acqua calda sanitaria delle utenze, considerato in circa 60-70 litri a persona (coperto per circa il 40% - percentuale suscettibile di cambiamento soprattutto alla luce del fatto che il calcolo è effettuato sulla base delle condizioni peggiori, ossia quelle di massimo utilizzo, che difficilmente si verificano), e per riscaldare e raffrescare gli ambienti, attraverso pannelli radianti a parete e a pavimento installati negli alloggi, in cui scorre rispettivamente acqua calda o fredda, a seconda delle esigenze.
In particolare questa tecnologia completa e si integra con il vantaggio derivante dalla presenza della serra rivolta a Sud, in quanto permette di riscaldare, in maniera del tutto "sostenibile" gli ambienti che non beneficiano del calore propagato dalla serra.
L'impianto di riscaldamento, come quello di raffrescamento e dell'acqua sanitaria è necessariamente centralizzato, per poter utilizzare la superficie di pannelli solari in copertura. Questi sono stati pensati come collettori piani, in quanto più facilmente integrabili nel progetto dal punto di vista architettonico. L'eventuale posizionamento dei pannelli con angolo di tilt pari a 30°, così come consigliato dai produttori e dallo stesso Piano Energetico Provinciale per ottimizzarne il funzionamento, avrebbe infatti inciso notevolmente nell'estetica del progetto, risultando estraneo e poco integrato nel complesso. La posizione orizzontale invece permette di disegnare una superficie più omogenea in copertura, è facilmente mantenibile, e del tutto invisibile; dato l'avanzamento degli studi su questo tipo di tecnologia è anche possibile affermare che uno scostamento così perentorio dalla posizione ottimale non incide in maniera eccessiva nel guadagno che tali pannelli garantiscono, anche perché nel totale tale lacuna viene adeguatamente sopperita da una maggiore superficie captante.
Il dimensionamento di quest'ultima infatti è stato calcolato sulla base del fabbisogno estivo, più ingente di quello invernale, e maggiorato per poter coprire anche la produzione di acqua calda sanitaria per gli alloggi.

In conclusione per quanto riguarda il riscaldamento, i pannelli solari, corredati da un serbatoio sufficientemente capiente posto sul tetto dell'edificio A (insieme agli altri macchinari, tra cui la caldaia a condensazione che sopperisce ad eventuali mancanze dei collettori solari, nonché alla macchina refrigerante e al relativo serbatoio) sono in grado di portare l'acqua che scorre nei tubi alla temperatura necessaria, (circa 30°C) così come di riscaldare l'acqua per gli usi sanitari degli utenti. Durante il periodo estivo questi stessi pannelli fanno funzionare il gruppo refrigerante ad assorbimento, il quale a sua volta è responsabile della temperatura del liquido refrigerante presente nei tubi che raffrescano gli ambienti. In questo modo la spesa ingente di installazione del sistema, seppur ridotta grazie ai finanziamenti regionali a fondo perduto, viene recuperata in un lasso di tempo relativamente breve in quanto utilizzato a regime in tutte le stagioni dell'anno, e per motivazioni diverse, facendo sì che il calore prodotto dai collettori non vada mai sprecato.

#### *4.3.5.1 – Il sistema di riscaldamento a pannelli radianti*

Il riscaldamento degli ambienti è affidato in parte al funzionamento della serra (§ 4.3.2) e in parte all'impianto a pannelli radianti, presente comunque in tutti i locali dell'appartamento, anche in quelli solitamente riscaldati dai raggi solari e dal calore accumulato dalla soletta della bolla, per sopperire ad eventuali condizioni climatiche sfavorevoli.
Il sistema radiante utilizzato è composto da pannelli modulari prefabbricati a parete e a pavimento, montabili a secco e già provvisti di tubi e isolati termicamente, collegabili tra loro e rivestiti con lastre di cartongesso dello spessore di 12,5 mm. In particolare quelli a parete hanno su entrambi i lati 25 mm di isolamento in resine poliuretaniche (PUR), con lamelle in alluminio e tubo tri-o-fix, un collegamento per tubi alle due estremità, , due moduli di collegamento con isolamento da 25 mm in PUR con canali per tubi. L'isolante ad alta qualità fornito nel pannello contribuisce al miglioramento dell'isolamento termico dell'involucro e impedisce eventuali dispersioni non considerate. L'acqua che scorre all'interno dei tubi ha una temperatura di circa 30°C, molto più bassa quindi di quella necessaria per il funzionamento dei tradizionali impianti a radiatori (solitamente 80-90°C), permettendo così di utilizzare fonti energetiche alternative, come ad esempio pompe di calore o pannelli solari, che possono appunto fornire solo acqua a bassa temperatura: potendo contare sulla massima superficie irraggiante – il pavimento o le pareti – si ottiene un'emissione di calore totale ed omogenea in ogni punto.
I vantaggi dell'impianto a pannelli radianti non si esauriscono soltanto nel risparmio energetico, ma comprendono anche la massima flessibilità del sistema e conseguentemente dell'alloggio, non più legato nella distribuzione degli arredi al posizionamento dei radiatori, senza considerare il fatto che in questo modo non si verifica più la notevole dispersione di calore che dovuto al posizionamento dei caloriferi sotto le finestre, sprecando gran parte del calore che essi stessi forniscono. Puntando poi lo sguardo verso il futuro, i pannelli radianti sono stati concepiti in modo tale da poter essere alimentati da qualsiasi fonte di calore, permettendo la eventuale sostituzione del generatore ogni qual volta la ricerca e l'evoluzione tecnologica lo consenta, evitando l'obsolescenza funzionale.

Il risparmio che deriva dall'installazione del riscaldamento a pannelli radianti è dovuto innanzitutto all'utilizzo di acqua riscaldata a temperature notevolmente più basse degli impianti tradizionali, sommato alla possibilità di utilizzare come generatore una fonte energetica rinnovabile. La flessibilità dell'impianto e l'avanzamento della tecnologia

permette un ulteriore margine di guadagno economico, dal momento che è possibile, grazie all'inserimento di valvole termostatiche di regolazione, escludere dal riscaldamento singoli ambienti, limitando il periodo di riscaldamento solo quando è effettivamente necessario, anche in funzione delle esigenze degli utenti.
Per quanto riguarda le condizioni di comfort, le modalità di cessione del calore in questo tipo di riscaldamento permettono di poter mantenere la temperatura dell'ambiente più bassa di 1-2°C rispetto allo standard solitamente considerato senza diminuire minimamente il normale comfort termico.

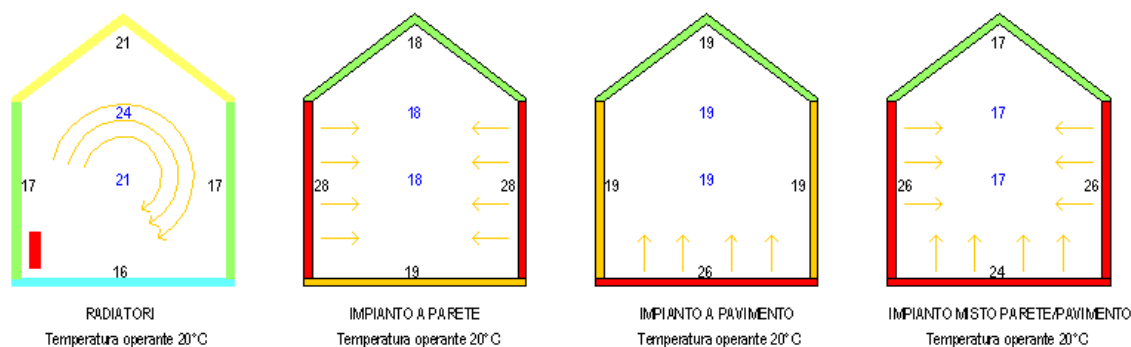



Fig. 85 – Schemi di temperatura operante in quattro diversi tipi di riscaldamento: appare evidente come le condizioni di comfort nel caso di sistemi a pannelli radianti permette di mantenere la temperatura dell'aria leggermente più bassa degli standard usualmente accettati pur garantendo adeguati livelli di comfort.

Questo è imputabile principalmente alla sensazione di benessere che deriva dall'assenza di sbalzi termici notevoli: migliore è la temperatura interna e maggiori sono anche i vantaggi igienici in quanto l'aria è più sana senza la formazione o il movimento di polveri.

### *4.3.5.2 – Il sistema di raffrescamento*

Viste le alte temperature che si determinano negli ambienti direttamente esposti alla luce solare (le serre e i locali ad esse attigue), specialmente in estate si rende necessario un sistema di raffrescamento che permetta di ristabilire le adeguate condizioni di comfort.
A questo proposito l'impianto pensato è il medesimo impianto a pannelli radianti che durante l'inverno riscalda i locali.
Come già descritto nel paragrafo sul riscaldamento, nella serra, data la sua diversa struttura e tecnologia, i tubi che costituiscono il veicolo attraverso cui scorre il liquido refrigerante sono posti nella soletta, subito sotto il massetto in calcestruzzo prefabbricato. Questo tipo di pavimento scambia calore per convezione con l'aria e per irraggiamento con le superfici circostanti, abbassando la temperatura media radiante e la temperatura dell'aria. Esso viene alimentato con acqua refrigerata che deve essere immessa nell'impianto a una temperatura ben calcolata (in funzione delle condizioni termo-igrometriche dell'ambiente e della temperatura del pavimento).
Inoltre questo espediente permette di agire direttamente sulla parte di struttura colpita dai raggi solari e quindi maggiormente soggetta all'innalzamento di temperatura: raffreddando immediatamente la massa di accumulo si evita sul nascere il surriscaldamento dell'area e di conseguenza la si rende abitabile anche nelle giornate più soleggiate e calde. Inoltre va sottolineato come i pavimenti radianti abbiano in questo caso specifico una resa termica decisamente maggiore rispetto agli altri sistemi (fino a 100 W/mq), dovuta all'aumento sensibile della differenza di temperatura tra il pavimento stesso e l'aria dell'ambiente. Infine, i tubi sono posizionati con interassi

diversi a seconda delle necessità di raffrescamento: in prossimità della vetrata essi sono più ravvicinati per avere una maggiore superficie e dunque un più elevato potere raffrescante. Al fine del corretto funzionamento dell'impianto la temperatura superficiale deve essere omogenea, ovvero mantenere il differenziale di temperatura tra mandata e ritorno compreso tra 2 e 3 K.

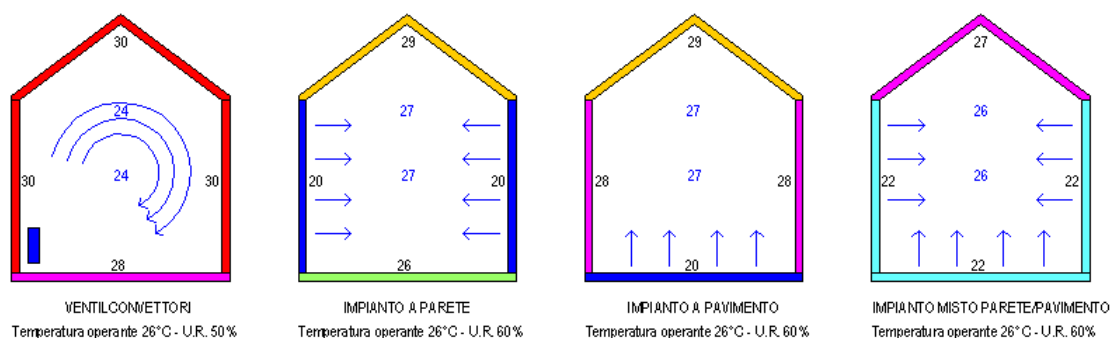



Fig. 86 - Schemi di temperatura operante in quattro diversi tipi di raffrescamento. Le condizioni più favorevoli si ottengono con gli impianti a pannelli radianti, in particolare quello misto a parete e pavimento che consente di avere temperature omogenee sulle superfici radianti ed una temperatura dell'aria interna minore che negli altri casi. Anche nel caso del raffrescamento è possibile godere di situazioni di comfort con una temperatura dell'ambiente di 1-2°C superiore agli standard normalmente considerati.

Nel resto dell'appartamento le serpentine sono inserite in pannelli modulari a parete, con uno scambio termico mediamente alto e che funzionano per effetto del movimento dell'aria dall'alto verso il basso. Anche in questo caso le temperature di mandata e di ritorno devono differire al massimo di 2-3 °K perché il funzionamento sia corretto. L'efficacia di questo sistema di raffrescamento dell'ambiente è tale da renderlo adatto alle applicazioni residenziali, anche in ragione della resa unitaria elevata, che può arrivare fino a 150 W/mq su pareti non isolate e durante la messa a regime.
In entrambe le soluzioni è opportuno ricorrere ad adeguati sistemi di controllo dell'umidità relativa, che deve rimanere compresa tra il 50 e il 60%.

**4.4 – Dimensionamenti di massima**

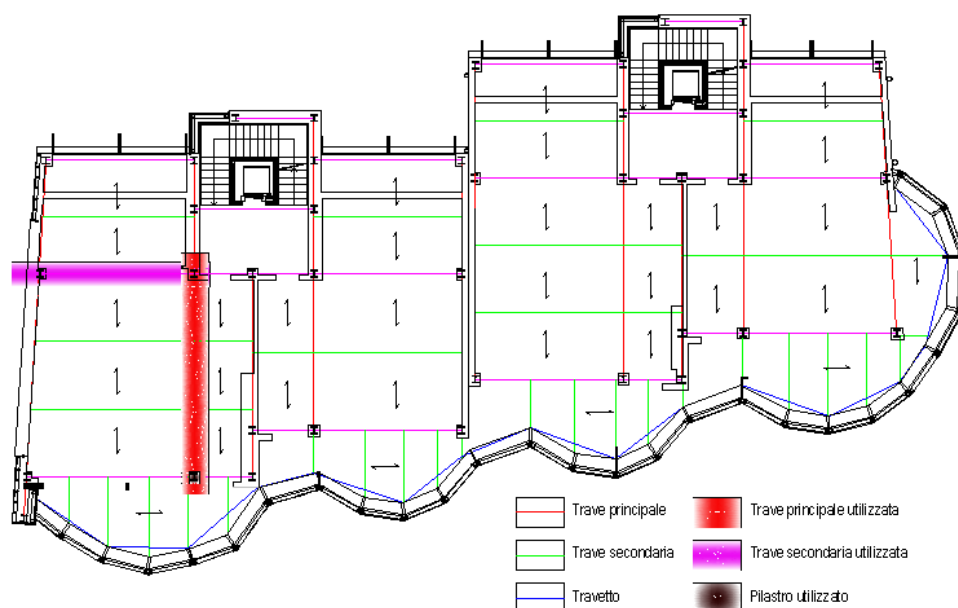



Fig. 87 – Schema della struttura del complesso

### *4.4.1 – Dimensionamento della struttura in acciaio*

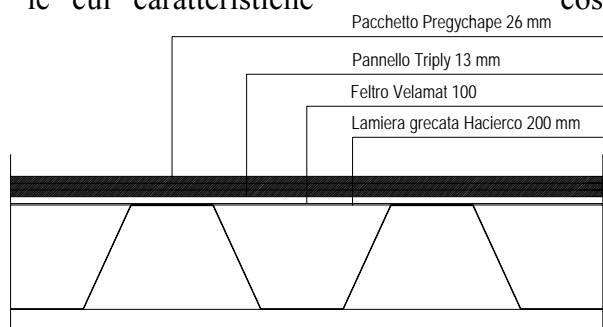
Il pacchetto solaio è costituito dal Solaio PCIS (Plancher Composite Interactif Sec) (3), progettato ed utilizzato dall'Atelier di Architettura e Stile di Dubosc & Landowski (4), le cui caratteristiche costruttive sono:

- Lamiera recata BAC Hacierco h 200 mm, spessore 1,5 mm
- Velimat spessore 3 mm
- Pannello Triply 13 mm
- Pregyplac BA 13
- Pregychape BD 13

Fig. 88 – Pacchetto solaio elaborato dallo Studio Dubosc & Landowski

In particolare la lamiera grecata Hacierco grandi onde, alta 20 cm e in grado di superare oltre 6 metri di luce, è inserita nello spessore delle travi. Nel progetto elaborato essa non appoggia però sulle ali inferiori delle travi, come previsto dall'Atelier di Dubosc & Landowski, ma su profilati a L imbullonati all'anima della trave, più alta della lamiera, con il vantaggio di non sovraccaricare a taglio le ali inferiori, ma di trasferire tale azione interna all'anima della trave in grado di portarla (l'anima della trave infatti porta il taglio ma non il momento, viceversa per quanto riguarda le ali). Un foglio Velimat di 3 mm di spessore che isola acusticamente gli appartamenti è posto sopra la lamiera. Il massetto in calcestruzzo presente nei solai collaboranti è stato sostituito da un tavolato di legno agglomerato costituito da lamelle orientate ed incollate con resine impermeabili, che conferisce rigidezza alla struttura e funge da controvento orizzontale. Inoltre è possibile utilizzare questo pannello come piattaforma provvisoria di circolazione durante la fase di montaggio oltre che in qualità di superficie di ricezione della superficie del sistema di Prégychape, costituito da due lastre di gesso da 13 mm l'una, su cui è posato il pavimento. Questa struttura così realizzata collabora con la lamiera in acciaio trasmettendo gli sforzi orizzontali di controventamento. Il peso totale del pacchetto solaio è di 80 $kg/m^2$, oltre 5 volte più leggero di un solaio tradizionale, a cui si aggiungono i vantaggi derivanti dalla cospicua riduzione dei tempi di costruzione.

Non essendo riuscita a risalire alle schede tecniche dei singoli materiali ho verificato che il progetto elaborato avesse almeno le stesse caratteristiche costruttive e statiche delle residenze progettate dallo Studio Dubosc & Landowski in cui questo pacchetto di solaio è stato utilizzato: essendo le luci inferiori ai 6 metri, coincidendo le destinazioni d'uso e i carichi ipotizzati sulla struttura, ho potuto ritenere soddisfatti i requisiti statici del solaio, dimensionando invece in modo preciso il sistema di travi e pilastri.

In particolare per il calcolo delle strutture è stato utilizzato il **metodo degli stati limite** (norma D.M. 9.1.1996):

**F = 1,4 x Peso proprio + 1,5 x Carico Accidentale**

**Dimensionamento trave secondaria**

Considero la trave come una trave su due appoggi.

Area d’influenza: 2,2 m x 7 m.

Ipotesi: Trave HE M 280

Pesi propri:

- Peso proprio trave: **189 kg/m**
- Peso del solaio: 80 kg/m$^2$ x 2.2 m = **176 kg/m**
- Peso del pavimento: 40 kg/m$^2$ x 2.2 m = **88 kg/m**
- Peso tramezzi*: 55 kg/m$^2$ x 2.2 m = **121 kg/m**
- Peso controsoffitto**: 8.68 kg/m$^2$ x 2,2 m = **20 kg/m**

Peso proprio totale = 594 kg/m → **600 kg/m**

* Il peso dei tramezzi è stato determinato dal produttore e rilevato sul catalogo RIGIPS

** Composizione del controsoffitto:

- Lastra RIGIPS standard (RB10 spessore 9,5 mm) → peso **7,7 kg/m$^2$**
- Profilo perimetrale a L → peso **0,28 kg/m$^2$**
- Profilo a C 27/60/27 → peso **0,59 kg/m$^2$**
- Ganci ad ancora → peso: **0,02 kg/m$^2$**
- Pendini diametro 4 mm → peso **0,05 kg/m$^2$**
- Stucco → peso **0,35 kg/m$^2$**

  Peso totale: **8.68 kg/m$^2$**

Sovraccarico accidentale: 200 kg/m$^2$ x 2,2 m = **440 kg/m**

Metodo degli stati limite:
F = 1,4 x 600 kg/m + 1,5 x 440 kg/m = **1500 kg/m**
Dal momento che ho considerato la trave su due appoggi, determino il momento in mezzeria:
M = 1/8 PL$^2$ = 1/8 x 1500 kg/m x (7,25)$^2$ m$^2$ = **9855.5 kgm**

Dove:

P = Peso proprio (kg)
L = Lunghezza (m)

Per verificare la trave ipotizzata determino il **modulo di resistenza alla flessione** (W), che deve risultare minore di quello limite, stabilito dalle schede tecniche dell’elemento:

W = M/$\sigma_{adm}$ = 985550 kg cm/1900 kg cm$^2$ = **518.71 cm$^3$** < 1250 cm$^3$

Dove:

M = Momento flettente
$\sigma_{adm}$ = Valore massimo ammissibile = **1900 kg cm$^2$**

Verifica della freccia f, che deve essere al massimo uguale a 1/500 della luce:

$f = 5/384 \times PL^4/EI = 5/384 \times 15$ kg/cm x $(7.25)^4$ cm$^4$ / 2.1 x $10^6$ kg/cm$^2$ x 59201 cm$^4$ =
f = **0.434 cm** < 725/500

Dove:

E = Modulo di elasticità = 2.1 x $10^6$
I = Momento d'inerzia

**Dimensionamento trave principale**

Ipotesi trave: HE M 280

Area d'influenza: 5 m x 8.4 m

- Peso proprio trave: **189 kg/m**
- Peso trave secondaria: **189 kg/m**
- Peso del solaio: 80 kg/m$^2$ x 5 m = **400 kg/m**
- Peso del pavimento: 40 kg/m$^2$ x 5 m = **200 kg/m**
- Peso tramezzi*: 55 kg/m$^2$ x 5 m = **275 kg/m**
- Peso controsoffitto**: 8.68 kg/m$^2$ x 5 m = **43.4 kg/m**

Peso Totale : 1296.4 kg/m → **1300 kg/m**

Sovraccarico accidentale: 200 kg/m$^2$ x 5 m = **1000 kg/m**

F = 1.4 x 1300 kg/m + 1.5 x 1000 kg/m = **3320 kg/m**

M = 1/8 x 3320 kg/m x $(5)^2$ m$^2$ = **10375 kgm**

W = 1037500 kg cm / 1900 kg/cm$^2$ = **546 cm$^3$** < 1250 cm$^3$

f = 5/384 x 33.2 kg/cm x $500^4$ cm$^4$ / 2.1 x $10^6$ kg/cm$^2$ x 59201 cm$^4$ = **0.223 cm** < 500/500

**Dimensionamento del pilastro**

Ipotesi di pilastro HE M 280

Peso che grava sul pilastro = 3 piani + copertura

Area d'influenza: 5 m x 6 m = 30 m$^2$

<u>Peso permanente:</u>

- Peso delle travi secondarie: peso x lunghezza x n° travi secondarie = 189 kg/m x 5 m x 3 = **2835 kg**
- Peso delle travi principali = 189 kg/m x 6 m x 1 = **1134 kg**
- Solaio = (80 kg/m$^2$ + 40 kg/m$^2$ + 55 kg/m$^2$ + 8.68 kg/m$^2$) x 30 m$^2$ = **5510 kg**

Peso totale: 9479 kg → **9480 kg**

Ricapitolazione:

Primo solaio
- Peso permanente: 1,4 x 9480 kg = **13272 kg**
- Peso accidentale: 1,5 x 200 kg/$m^2$ x 30 $m^2$ = **9000 kg**

Secondo solaio
- Peso permanente: 1,4 x 9480 kg = **13272 kg**
- Peso accidentale: 1,5 x 200 kg/$m^2$ x 30 $m^2$ = **9000 kg**

Terzo solaio
- Peso permanente: 1,4 x 9480 kg = **13272 kg**
- Peso accidentale: 1,5 x 200 kg/$m^2$ x 30 $m^2$ = **9000 kg**

Copertura
- Peso permanente = **13272 kg**
- Peso accidentale = **9000 kg**
- Carico neve: 160 kg/$m^2$ x 30 $m^2$ x 1,5 = **7200 kg**

Peso proprio dei pilastri HE M 280:

Peso totale = Peso proprio x altezza totale x coefficiente di sicurezza = 189 kg/m x 14 m x 1,4 = **3704.4 kg**

Totale N = Peso proprio pilastri + peso totale dei solai = 99992.4 kg → **100000 kg**

Dati del pilastro:

Area: 240 $cm^2$
$I_y$ = Raggio di inerzia = 7,40 cm
$L_0$ = Lunghezza libera d'inflessione (2° la norma UNI 10011/86 "Telaio a nodi fissi – con controventi") = **3,5 m**

Devo dimostrare che $\sigma = \omega N/A < \sigma_{adm}$
Calcolo della snellezza in funzione di $L_0$:

$\lambda = L_0 / I_y$ = 350 cm/ 7.4 cm = 47,3

h/b = 1.076 < 1.2
t ≤ 40 mm
Fe 430
Da questi dati si ricava come per il profilato esaminato (HE M 280) sia da considerare la Curva C.

| λ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,01 |
| 20 | 1,02 | 1,02 | 1,03 | 1,03 | 1,04 | 1,05 | 1,05 | 1,06 | 1,07 | 1,07 |
| 30 | 1,08 | 1,09 | 1,09 | 1,10 | 1,11 | 1,12 | 1,12 | 1,13 | 1,14 | 1,15 |
| 40 | 1,16 | 1,17 | 1,18 | 1,19 | 1,20 | 1,21 | 1,22 | 1,23 | 1,24 | 1,25 |
| 50 | 1,26 | 1,27 | 1,28 | 1,29 | 1,31 | 1,32 | 1,33 | 1,35 | 1,36 | 1,37 |
| 60 | 1,39 | 1,40 | 1,42 | 1,43 | 1,45 | 1,46 | 1,48 | 1,50 | 1,51 | 1,53 |
| 70 | 1,55 | 1,57 | 1,58 | 1,60 | 1,62 | 1,64 | 1,66 | 1,68 | 1,70 | 1,72 |

| **80** | 1,74 | 1,76 | 1,78 | 1,80 | 1,82 | 1,84 | 1,86 | 1,88 | 1,91 | 1,93 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **90** | 1,95 | 1,97 | 2,00 | 2,02 | 2,04 | 2,07 | 2,09 | 2,12 | 2,14 | 2,17 |
| **100** | 2,19 | 2,22 | 2,25 | 2,27 | 2,30 | 2,33 | 2,36 | 2,39 | 2,42 | 2,45 |
| **110** | 2,48 | 2,50 | 2,54 | 2,57 | 2,60 | 2,63 | 2,66 | 2,69 | 2,72 | 2,76 |
| **120** | 2,79 | 2,82 | 2,85 | 2,89 | 2,92 | 2,96 | 2,99 | 3,02 | 3,06 | 3,09 |
| **130** | 3,13 | 3,16 | 3,20 | 3,24 | 3,27 | 3,31 | 3,35 | 3,39 | 3,43 | 3,47 |
| **140** | 3,51 | 3,55 | 3,59 | 3,63 | 3,68 | 3,72 | 3,76 | 3,80 | 3,85 | 3,89 |
| **150** | 3,93 | 3,98 | 4,02 | 4,07 | 4,11 | 4,15 | 4,20 | 4,24 | 4,29 | 4,33 |
| **160** | 4,38 | 4,43 | 4,47 | 4,52 | 4,56 | 4,61 | 4,66 | 4,70 | 4,75 | 4,80 |
| **170** | 4,84 | 4,89 | 4,94 | 4,99 | 5,03 | 5,08 | 5,13 | 5,18 | 5,23 | 5,28 |
| **180** | 5,33 | 5,38 | 5,43 | 5,47 | 5,53 | 5,59 | 5,65 | 5,70 | 5,75 | 5,81 |
| **190** | 5,86 | 5,92 | 5,98 | 6,03 | 6,08 | 6,14 | 6,20 | 6,26 | 6,32 | 6,38 |
| **200** | 6,43 | 6,49 | 6,55 | 6,61 | 6,67 | 6,73 | 6,79 | 6,85 | 6,91 | 6,96 |
| **210** | 7,03 | 7,08 | 7,14 | 7,20 | 7,26 | 7,32 | 7,37 | 7,44 | 7,50 | 7,56 |
| **220** | 7,63 | 7,68 | 7,74 | 7,81 | 7,88 | 7,97 | 8,03 | 8,08 | 8,13 | 8,19 |
| **230** | 8,26 | 8,33 | 8,40 | 8,46 | 8,52 | 8,59 | 8,65 | 8,72 | 8,79 | 8,85 |
| **240** | 8,93 | 8,99 | 9,06 | 9,13 | 9,20 | 9,27 | 9,34 | 9,41 | 9,48 | 9,55 |
| **250** | 9,62 | | | | | | | | | |

Tab. 17 – Coefficienti $\omega$ per acciaio Fe430 (Curva C)

Dalla tabella della Norma UNI-CNR 10011/86 si ricava che, con $\lambda$ pari a 47,3, il coefficiente
$\omega$ = **1.23**

$\sigma$ = 1.23 x 100000 kg/240 cm$^2$ = **512.5 kg/cm$^2$** < 1900 kg/cm$^2$ → verificato

### *4.4.2 – Calcolo delle dispersioni*

#### *4.4.2.1 – Calcolo delle dispersioni attraverso le strutture verticali*

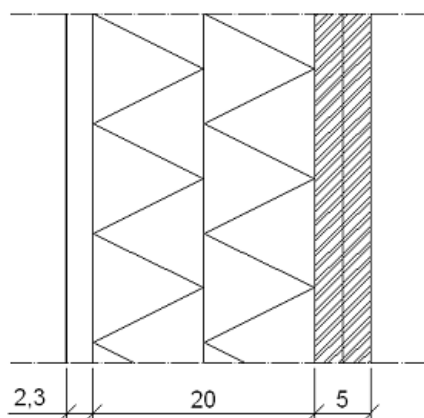
**Calcolo delle trasmittanze**

La trasmittanza unitaria di una struttura è definita dall'inverso della somma delle resistenze dei diversi strati e delle intercapedini che la compongono. La formula per il calcolo della trasmittanza è la seguente:

$$\mathbf{K = (1/h_i + s_i/\lambda_i + 1/ C_a + 1/h_e)^{-1}}$$

Dove:

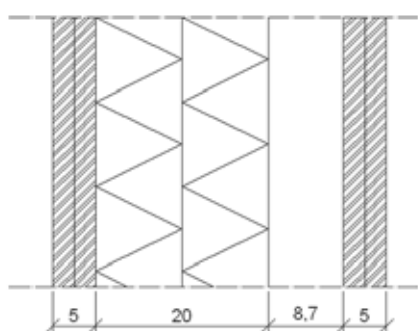
- $1/h_i$ = Resistenza termica di ammissione. In particolare $h_i$ è l'adduttanza sulla superficie interna della struttura (W/mq K)
- $1/h_e$ = Resistenza termica di emissione. In particolare h è l'adduttanza sulla faccia esterna della parete misurata in W/mq K
- $s_i/\lambda_i$ = Resistenza termica di ciascuno strato di materiale omogeneo, di cui **s** è lo spessore e **$\lambda$** la conduttività termica (W/m K)
- $1/C_a$ = Resistenza termica delle intercapedini di aria. $C_a$ è la conduttanza dell'intercapedine (W/mq K)

**Pareti opache**

$K = (1/C_a + s_{isolante} / \lambda_{isolante} + s_{cartongesso}/\lambda_{cartongesso} + 1/h_i + 1/h_e)^{-1}$

Dati:
$1/h_i$ = 0, 123 mq K/W
$1/h_e$ = 0,043 mq K/W
$\lambda_{isolante}$ = 0,035 m K/W
$s_{cartongesso} / \lambda_{cartongesso}$ = 0.23 mq K/W (dato già fornito dal produttore)
$C_a$ = 6,4 W/mq K

Fig. 89 – Parete esterna opaca

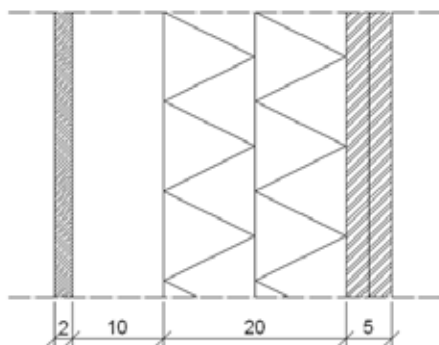
$K = (1/6.4 + 0.2/0.035 + 0.23 + 0.123 + 0.043 \text{ mq K/W})^{-1}$ = **0.16 W/mq K**

**Pareti separative tra alloggi**

$K = (1/C_a + s_{isolante} / \lambda_{isolante} + 2 \times s_{cartongesso}/\lambda_{cartongesso} + 2 \times 1/h_i)^{-1}$

Dati:
$1/h_i$ = 0, 123 mq K/W
$\lambda_{isolante}$ = 0,035 m K/W
$s_{cartongesso} / \lambda_{cartongesso}$ = 0.23 mq K/W (dato già fornito dal produttore)
$C_a$ = 6,4 W/mq K

Fig. 90 – Parete separativa tra gli alloggi

$K = (1/6.4 + 0.2/0.035 + 2 \times 0.23 + 2 \times 0.123 \text{ mq K/W})^{-1}$ = **0.15 W/mq K**

**Parete opaca con rivestimento in pietra**

$K = (s_{marmo} / \lambda_{marmo} + 1/C_a + s_{isolante} / \lambda_{isolante} + s_{cartongesso}/\lambda_{cartongesso} + 1/h_i + 1/h_e)^{-1}$

Dati:
$1/h_i$ = 0, 123 mq K/W
$1/h_e$ = 0,043 mq K/W
$\lambda_{isolante}$ = 0,035 m K/W
$s_{cartongesso} / \lambda_{cartongesso}$ = 0.23 mq K/W (dato già fornito dal produttore)
$C_a$ = 6,4 W/mq K
$\lambda_{marmo}$ = 3 m K/W

Fig. 91 – Parete esterna opaca con rivestimento in pietra

$K = (0.02/3 + 1/6.4 + 0.2/0.035 + 0.23 + 0.123 + 0.043 \text{ mq K/W})^{-1} = \mathbf{0.16 \text{ W/mq K}}$

**Vetri della serra**

La trasmittanza della vetrata isolante con vetro selettivo e aerogel nell'intercapedine è stata determinata in

**K = 0,5 W/mq K**

**Vetri delle finestre**

Anche nelle finestre il vetro adottato è il medesimo della serra. Per un più corretto calcolo della trasmittanza effettiva tengo conto anche degli infissi in alluminio con taglio termico. La formula utile per il calcolo della trasmittanza attraverso componenti finestrati è la seguente:

$$K_{tot} = (A_{vetri} \times K_{vetri} + A_{telaio} \times K_{telaio}) / A_{vetri} + A_{telaio}$$

Dove:

$K_{vetri}$ **= 0.5 W/mq K**
$K_{telaio}$ **= 3.1 W/mq K**

Per il calcolo della trasmittanza nelle finestre del complesso è stato preso come esempio la finestra standard, ossia quella dalle misure più utilizzate negli appartamenti:

Dati:

$A_{vetro}$ = 1.85 m x 1.5 m = 2.775 mq
$A_{telaio}$ = 0.05 m x 1.6 x 2 + 0.05 x 2 x 2 = 0.36 mq

$$K = (2.775 \times 0.5 + 0.36 \times 3.1) / 2.775 + 0.36 = \mathbf{0.8 \text{ W/mq K}}$$

Il calcolo sulle altre finestre ha evidenziato scostamenti minimi dal valore ottenuto dall'esempio riportato, per cui quest'ultimo è stato ritenuto valido nel calcolo delle dispersioni di tutte le finestre dell'insediamento.
Una volta ottenuti tutti i dati, le dispersioni attraverso gli elementi verticali che delimitano i singoli ambienti (misurate in W) sono state calcolate con la seguente formula:

$$\mathbf{Q = A \times K \times \Delta T}$$

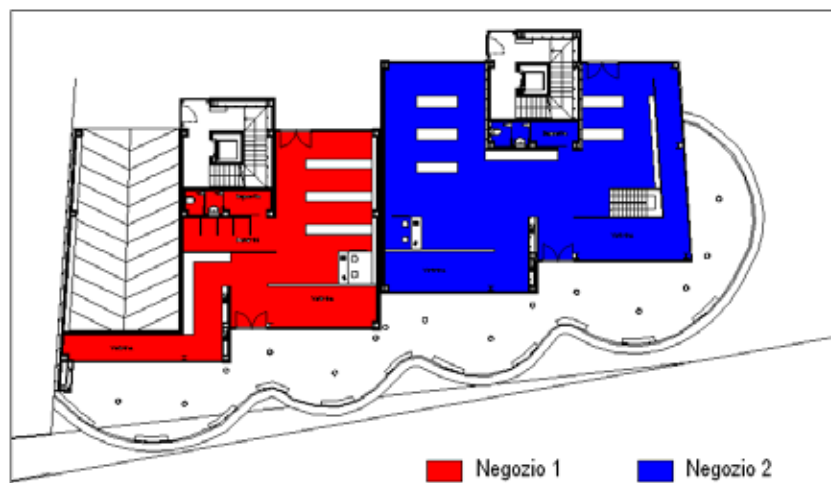



Fig. 92 – Pianta Piano Terra

| PIANO TERRA - NEGOZIO 1 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| **LOCALE** | **TIPO DI ELEMENTO** | **AREA (mq)** | **ΔT (K)** | **TRASMITTANZA K (W/mq K)** | **DISPERSIONE Q (W)** |
| Negozio | Vetro (Nord) | 23.305 | 25 | 0.6 | 349.5 |
| | Vetro (Sud) | 69.125 | 25 | 0.6 | 1036.6 |
| | Parete opaca | 15.8 | 25 | 0.16 | 63.2 |
| | Parete opaca (Ovest) | 63 | 25 | 0.146 | 229.95 |
| | Parete opaca (Scala) | 33.6 | 25 | 0.15 | 90.72 |
| Totale | | | | | **1769.97** |

| PIANO TERRA - NEGOZIO 2 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| **LOCALE** | **TIPO DI ELEMENTO** | **AREA (mq)** | **ΔT (K)** | **TRASMITTANZA K (W/mq K)** | **DISPERSIONE Q (W)** |
| Negozio | Vetro (Nord) | 46.4 | 25 | 0.6 | 417.6 |
| | Vetro (Est) | 48 | 25 | 0.6 | 720 |
| | Vetro (Sud) | 71.2 | 25 | 0.6 | 1068 |
| | Parete opaca (Nord-Ovest) | 16 | 25 | 0.16 | 64 |
| | Parete opaca (Sud-Est) | 8 | 25 | 0.16 | 32 |
| | Parete opaca (Scala) | 50 | 25 | 0.15 | 135 |
| Totale | | | | | **2436.6** |

| Totale | | | | | **4206.57** |
|---|---|---|---|---|---|

Tab. 18 – Calcolo delle dispersioni attraverso le strutture verticali a piano terra.

Fig. 93 – Pianta Piano Primo

| PRIMO PIANO - APPARTAMENTO A | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| **LOCALE** | **TIPO DI ELEMENTO** | **AREA (mq)** | **ΔT (K)** | **TRASMITTANZA K (W/mq K)** | **DISPERSIONE Q (W)** |
| Bagno | Parete opaca | 4.73 | 25 | 0.16 | 18.92 |
| | Vetro | 1.6 | 25 | 0.8 | 32 |
| | Parete opaca scala | 9 | 13 | 0.15 | 17.55 |
| | | | | | |
| Camera 1 | Parete opaca (Nord Est) | 6.37 | 25 | 0.16 | 25.48 |
| | Parete opaca (Nord Ovest) | 9.14 | 25 | 0.16 | 36.56 |
| | Vetro (Nord Est) | 5.33 | 25 | 0.8 | 106.6 |
| | Vetro (Nord Ovest) | 3.28 | 25 | 0.8 | 65.6 |
| | | | | | |
| Camera 2 | Parete opaca | 6.56 | 25 | 0.16 | 26.24 |
| | Vetro | 3.28 | 25 | 0.8 | 65.6 |
| | | | | | |
| Sala | Parete opaca | 14.09 | 25 | 0.16 | 56.36 |
| | Vetro serra | 34.2 | 25 | 0.5 | 427.5 |
| | Vetro | 7.155 | 25 | 0.8 | 143.1 |
| | | | | | |
| Cucina | Parete opaca | 3.73 | 25 | 0.16 | 14.92 |
| | Vetro | 3.77 | 25 | 0.8 | 75.4 |
| Totale | | | | | **1111.83** |

| PRIMO PIANO - APPARTAMENTO B | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| **LOCALE** | **TIPO DI ELEMENTO** | **AREA (mq)** | **ΔT (K)** | **TRASMITTANZA K (W/mq K)** | **DISPERSIONE Q (W)** |
| Bagno | Parete opaca | 4.07 | 25 | 0.16 | 16.28 |
| | Vetro | 1.6 | 25 | 0.8 | 32 |
| | Parete opaca scala | 10.35 | 13 | 0.15 | 20.18 |
| | | | | | |
| Camera 1 | Parete opaca (Nord Est) | 6.82 | 25 | 0.16 | 27.28 |
| | Vetro (Nord Ovest) | 5.33 | 25 | 0.8 | 106.6 |
| | | | | | |
| Camera 2 | Parete opaca | 6 | 25 | 0.16 | 24 |
| | Vetro serra | 32.13 | 25 | 0.5 | 401.625 |
| | | | | | |
| Sala | Parete opaca | 3.24 | 25 | 0.16 | 12.96 |
| | Vetro serra | 10.71 | 25 | 0.5 | 133.875 |
| | Vetro | 7.83 | 25 | 0.8 | 156.6 |
| Totale | | | | | **931.4** |

| PRIMO PIANO - APPARTAMENTO C | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| **LOCALE** | **TIPO DI ELEMENTO** | **AREA (mq)** | **ΔT (K)** | **TRASMITTANZA K (W/mq K)** | **DISPERSIONE Q (W)** |
| Bagno | Parete opaca | 5.9 | 25 | 0.16 | 23.6 |
| | Vetro | 1.6 | 25 | 0.8 | 32 |
| | Parete opaca scala | 9 | 13 | 0.15 | 17.55 |
| | | | | | |
| Camera 1 | Parete opaca (Nord Est) | 6.22 | 25 | 0.16 | 24.88 |
| | Parete opaca (U doppio) | 5.1 | 25 | 0.08 | 10.2 |
| | Parete opaca (Nord) | 6.6 | 25 | 0.16 | 24.6 |
| | Vetro (Nord Est) | 5.33 | 25 | 0.8 | 106.6 |
| | | | | | |
| Sala | Vetro serra | 32.15 | 25 | 0.5 | 401.625 |
| | Vetro | 8.1 | 25 | 0.8 | 162 |
| | | | | | |
| Cucina | Parete opaca | 11.17 | 25 | 0.16 | 44.68 |
| | Vetro | 3.77 | 25 | 0.8 | 75.4 |
| Totale | | | | | **923.135** |

| PRIMO PIANO - APPARTAMENTO D | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| **LOCALE** | **TIPO DI ELEMENTO** | **AREA (mq)** | **ΔT (K)** | **TRASMITTANZA K (W/mq K)** | **DISPERSIONE Q (W)** |
| Bagno | Parete opaca | 4.13 | 25 | 0.16 | 16.52 |
| | Vetro | 1.6 | 25 | 0.8 | 32 |
| | Parete opaca scala | 9 | 13 | 0.15 | 17.55 |
| | | | | | |
| Camera 1 | Parete opaca (Nord Est) | 5.62 | 25 | 0.16 | 22.48 |
| | Parete opaca (Est) | 9 | 25 | 0.16 | 36 |
| | Parete opaca (Est-interno) | 3.3 | 15 | 0.16 | 7.92 |
| | Vetro | 5.33 | 25 | 0.8 | 106.6 |
| | | | | | |
| Camera 2 | Vetro serra | 21.42 | 25 | 0.5 | 267.75 |
| | | | | | |
| Sala | Vetro serra (Est) | 10.71 | 25 | 0.5 | 133.87 |
| | Vetro serra (Sud) | 32.13 | 25 | 0.5 | 401.62 |
| | Vetro serra (Sud-Ovest) | 32.13 | 25 | 0.5 | 401.62 |
| | Vetro | 4.725 | 25 | 0.8 | 94.5 |
| | | | | | |
| Cucina | Parete opaca | 3.92 | 25 | 0.16 | 15.68 |
| | Vetro | 2.48 | 25 | 0.8 | 49.6 |
| Totale | | | | | **1603.71** |

| Totale | | | | | **4570.075** |
|---|---|---|---|---|---|

Tab. 19 – Calcolo delle dispersioni attraverso le strutture verticali al primo piano

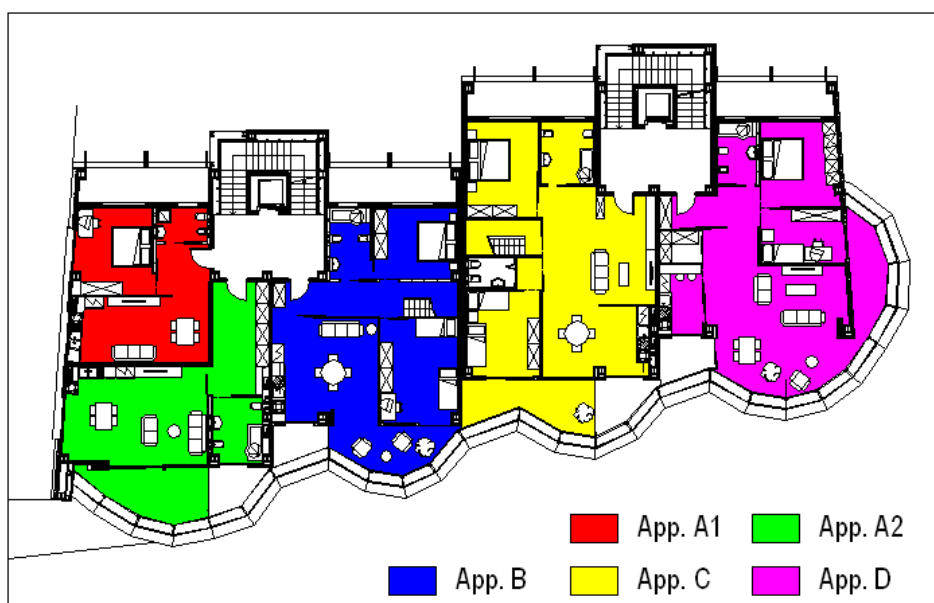



Fig. 94 – Pianta Piano Secondo

| SECONDO PIANO - APPARTAMENTO A1 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| **LOCALE** | **TIPO DI ELEMENTO** | **AREA (mq)** | **ΔT (K)** | **TRASMITTANZA K (W/mq K)** | **DISPERSIONE Q (W)** |
| Bagno | Parete opaca | 5.9 | 25 | 0.16 | 23.6 |
| | Vetro | 1.6 | 25 | 0.8 | 32 |
| | Parete opaca scala | 5.25 | 13 | 0.15 | 19.7 |
| | | | | | |
| Camera 1 | Parete opaca | 14.5 | 25 | 0.16 | 58 |
| | Vetro | 8.61 | 25 | 0.8 | 172.2 |
| | | | | | |
| Sala | Parete opaca | 6.17 | 25 | 0.16 | 24.68 |
| | Vetro | 3.28 | 25 | 0.8 | 65.6 |
| Totale | | | | | **359.78** |

| SECONDO PIANO - APPARTAMENTO A2 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| **LOCALE** | **TIPO DI ELEMENTO** | **AREA (mq)** | **ΔT (K)** | **TRASMITTANZA K (W/mq K)** | **DISPERSIONE Q (W)** |
| Bagno | Parete opaca | 11.66 | 25 | 0.16 | 46.64 |
| | Vetro | 3.64 | 25 | 0.8 | 72.8 |
| | | | | | |
| Sala/Camera | Parete opaca (Nord-Ovest) | 13.37 | 25 | 0.16 | 53.48 |

| | Vetro | 6.24 | 25 | 0.8 | 124.8 |
|---|---|---|---|---|---|
| | Vetro serra | 29.4 | 25 | 0.5 | 367.5 |
| Totale | | | | | **665.22** |

| **SECONDO PIANO - APPARTAMENTO B** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| **LOCALE** | **TIPO DI ELEMENTO** | **AREA (mq)** | **ΔT (K)** | **TRASMITTANZA K (W/mq K)** | **DISPERSIONE Q (W)** |
| Bagno | Parete opaca | 4.07 | 25 | 0.16 | 16.28 |
| | Vetro | 1.6 | 25 | 0.8 | 32 |
| | Parete opaca scala | 10.35 | 13 | 0.15 | 20.18 |
| | | | | | |
| Camera 1 | Parete opaca | 6.82 | 25 | 0.16 | 27.28 |
| | Vetro | 5.33 | 25 | 0.8 | 106.6 |
| | | | | | |
| Camera 2 | Parete opaca | 6 | 25 | 0.16 | 24 |
| | | | | | |
| Sala | Parete opaca | 4.76 | 25 | 0.16 | 19.04 |
| | Vetro | 7.69 | 25 | 0.8 | 153.8 |
| | Vetro serra | 30.8 | 25 | 0.5 | 385 |
| Totale | | | | | **784.18** |

| **SECONDO PIANO - APPARTAMENTO C** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| **LOCALE** | **TIPO DI ELEMENTO** | **AREA (mq)** | **ΔT (K)** | **TRASMITTANZA K (W/mq K)** | **DISPERSIONE Q (W)** |
| Bagno | Parete opaca | 5.9 | 25 | 0.16 | 23.6 |
| | Vetro | 1.6 | 25 | 0.8 | 32 |
| | Parete opaca scala | 9 | 13 | 0.15 | 17.55 |
| | | | | | |
| Camera 1 | Parete opaca (Nord-Est) | 6.22 | 25 | 0.16 | 24.88 |
| | Parete opaca (Nord) | 6.6 | 25 | 0.16 | 24.6 |
| | Parete opaca (U doppio) | 5.1 | 25 | 0.08 | 10.2 |
| | Vetro | 5.33 | 25 | 0.8 | 106.6 |
| | | | | | |
| Sala+Cucina | Parete opaca | 11.22 | 25 | 0.16 | 44.88 |
| | Vetro | 13.32 | 25 | 0.8 | 266.4 |
| | Vetro serra | 27 | 25 | 0.5 | 337.5 |

| | | | | | **888.21** |
|---|---|---|---|---|---|

| **SECONDO PIANO - APPARTAMENTO D** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| **LOCALE** | **TIPO DI ELEMENTO** | **AREA (mq)** | **ΔT (K)** | **TRASMITTANZA K (W/mq K)** | **DISPERSIONE Q (W)** |
| Bagno | Parete opaca | 4.13 | 25 | 0.16 | 16.52 |
| | Vetro | 1.6 | 25 | 0.8 | 32 |
| | Parete opaca scala | 9 | 13 | 0.15 | 17.55 |
| | | | | | |
| Camera 1 | Parete opaca (Nord Est) | 5.62 | 25 | 0.16 | 22.48 |
| | Parete opaca (Est) | 9 | 25 | 0.16 | 36 |
| | Parete opaca (Est-interno) | 3.3 | 15 | 0.16 | 7.92 |
| | Vetro | 5.33 | 25 | 0.8 | 106.6 |
| | | | | | |
| Camera 2 | Vetro serra | 17.6 | 25 | 0.5 | 220 |
| | | | | | |
| Sala | Vetro | 5.67 | 25 | 0.8 | 113.4 |
| | Vetro serra | 55.2 | 25 | 0.5 | 690 |
| | | | | | |
| Cucina | Parete opaca | 4.16 | 25 | 0.16 | 16.64 |
| | Vetro | 3.64 | 25 | 0.8 | 72.8 |
| Totale | | | | | **1351.91** |
| | | | | | |
| Totale | | | | | **4049.3** |

Tab. 20 – Calcolo delle dispersioni attraverso le strutture verticali al piano secondo.

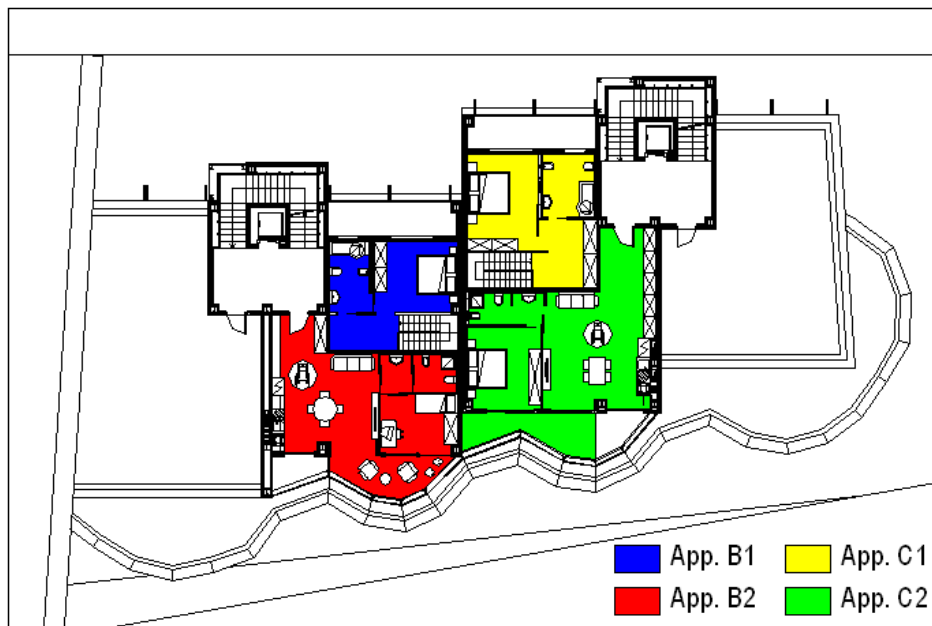



Fig. 95 – Pianta Piano Terzo

| TERZO PIANO - APPARTAMENTO B1 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| **LOCALE** | **TIPO DI ELEMENTO** | **AREA (mq)** | **ΔT (K)** | **TRASMITTANZA K (W/mq K)** | **DISPERSIONE Q (W)** |
| Bagno | Parete opaca | 4.07 | 25 | 0.16 | 16.28 |
| | Vetro | 1.6 | 25 | 0.8 | 32 |
| | Parete opaca scala | 10.35 | 13 | 0.15 | 20.18 |
| | | | | | |
| Camera 1 | Parete opaca | 6.82 | 25 | 0.16 | 27.28 |
| | Vetro | 5.33 | 25 | 0.8 | 106.6 |
| Totale | | | | | **202.34** |

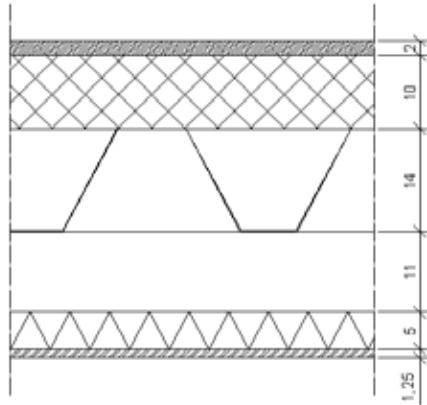
| TERZO PIANO - APPARTAMENTO B2 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| **LOCALE** | **TIPO DI ELEMENTO** | **AREA (mq)** | **ΔT (K)** | **TRASMITTANZA K (W/mq K)** | **DISPERSIONE Q (W)** |
| Camera 2 | Parete opaca | 6 | 25 | 0.16 | 24 |
| | | | | | |
| Sala | Parete opaca (terrazzo) | 13.5 | 25 | 0.096 | 32.4 |
| | Parete opaca | 11.51 | 25 | 0.16 | 46.04 |
| | Vetro | 3.64 | 25 | 0.8 | 72.8 |
| | Vetro serra | 30.8 | 25 | 0.5 | 385 |
| Totale | | | | | **560.24** |

| TERZO PIANO - APPARTAMENTO C1 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| **LOCALE** | **TIPO DI ELEMENTO** | **AREA (mq)** | **ΔT (K)** | **TRASMITTANZA K (W/mq K)** | **DISPERSIONE Q (W)** |
| Bagno | Parete opaca | 5.9 | 25 | 0.16 | 23.6 |
| | Vetro | 1.6 | 25 | 0.8 | 32 |
| | Parete opaca scala | 9 | 13 | 0.15 | 17.55 |
| | | | | | |
| Camera 1 | Parete opaca (Nord-Est) | 6.22 | 25 | 0.16 | 24.88 |
| | Parete opaca (Nord) | 6.6 | 25 | 0.16 | 24.6 |
| | Parete opaca (U doppio) | 5.1 | 25 | 0.08 | 10.2 |
| | Vetro | 5.33 | 25 | 0.8 | 106.6 |
| Totale | | | | | **239.43** |
| | | | | | |
| **TERZO PIANO - APPARTAMENTO C2** | | | | | |
| | | | | | |
| **LOCALE** | **TIPO DI ELEMENTO** | **AREA (mq)** | **ΔT (K)** | **TRASMITTANZA K (W/mq K)** | **DISPERSIONE Q (W)** |
| Sala | Parete opaca | 13.62 | 25 | 0.16 | 54.4 |
| | Parete opaca (terrazzo) | 19.5 | 25 | 0.096 | 46.8 |
| | Vetro | 11.97 | 25 | 0.8 | 293.4 |
| | Vetro serra | 6.9 | 25 | 0.5 | 86.25 |
| Totale | | | | | **480.85** |
| | | | | | |
| Totale | | | | | **1482.86** |

Tab. 21 – Calcolo delle dispersioni attraverso le strutture verticali al piano terzo.

### *4.4.2.2 – Calcolo delle dispersioni attraverso le strutture orizzontali*

**Calcolo delle trasmittanze**

**Soletta tipo**

$K = (1/C_a + s_{pavimento} / \lambda_{pavimento} + s_{cls} / \lambda_{cls} + s_{isolante} / \lambda_{isolante} + s_{cartongesso}/\lambda_{cartongesso} + 1/h_i + 1/h_e)^{-1}$

<u>Dati:</u>

$1/h_i$ = 0, 172 mq K/W

$1/h_e$ = 0,061 mq K/W

$\lambda_{isolante}$ = 0,035 m K/W

$\lambda_{pavimento}$ = 0.17 m K/W (parquet)

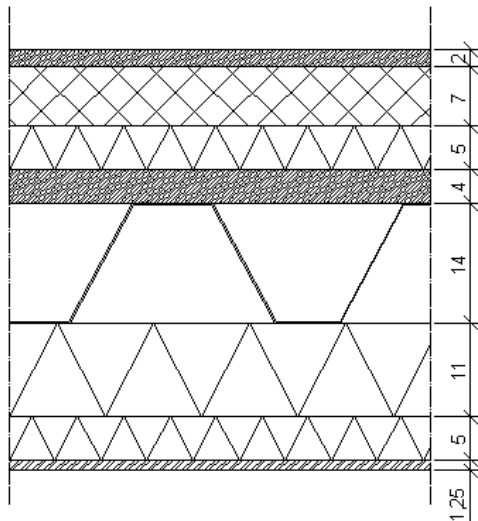
$\lambda_{cls}$ = 1.06 m K/W ($\rho$ = 1900 Kg mc)

$s_{cartongesso} / \lambda_{cartongesso}$ = 0.115 mq K/W (dato già fornito dal produttore)

$C_a$ = 5.23 W/mq K

Fig. 96 – Soletta tipo

$K = (0.172 + 0.061 + 0.02/0.17 + 0.1/1.06 + 1/5.23 + 0.16/0.035 + 0.115)^{-1}$ = **0.19 W/mq K**

**<u>Soletta piano terra</u>**

$K = (1/C_a + s_{pavimento} / \lambda_{pavimento} + s_{cls} / \lambda_{cls} + s_{isolante} / \lambda_{isolante} + s_{pregychape} / \lambda_{pregychape} + s_{cartongesso}/\lambda_{cartongesso} + 1/h_i + 1/h_e)^{-1}$

<u>Dati:</u>

$1/h_i$ = 0,107 mq K/W

$1/h_e$ = 0,043 mq K/W

$\lambda_{isolante}$ = 0,035 m K/W

$\lambda_{pavimento}$ = 0.1 m K/W (piastrelle)

$\lambda_{pregychape}$ = 0,15 m K/W (Pannelli in fibre di legno duri e extraduri)

$\lambda_{cls}$ = 1.06 m K/W ($\rho$ = 1900 Kg mc)

$s_{cartongesso} / \lambda_{cartongesso}$ = 0.115 mq K/W (dato già fornito dal produttore)

$C_a$ = 6.98 W/mq K (flusso d'aria orizzontale ascendente)

Fig. 97 – Soletta a piano terra

$K = (0.107 + 0.043 + 0.02/1 + 0.07/1.06 + 0.21/0.035 + 0.04/0.15 + 1/6.98 + 0.115)^{-1}$ = **0.15 W/mqK**

| DISPERSIONE ATTRAVERSO ELEMENTI ORIZZONTALI | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| **PIANO** | **APPARTAMENTO** | **EL. ORIZZONTALE** | **AREA (mq)** | **ΔT (K)** | **TRASM K (W/mq K)** | **DISPERSIONE (W)** |
| P.T. | Negozio 1 | soletta verso box | 130 | 15 | 0.19 | 370.5 |
| P.T. | Negozio 2 | soletta verso box | 200 | 15 | 0.19 | 570 |
| TOTALE | | | | | | **940.5** |
| | | | | | | |
| 1°P | Appartamento A | soletta delle serre | 15.4 | 25 | 0.19 | 73.15 |
| 1°P | Appartamento B | soletta delle serre | 14 | 25 | 0.19 | 66.5 |
| 1°P | Appartamento C | soletta delle serre | 15.7 | 25 | 0.19 | 74.57 |
| 1°P | Appartamento D | soletta delle serre | 28.3 | 25 | 0.19 | 134.42 |
| TOTALE | | | | | | **348.64** |
| | | | | | | |
| 2°P | Appartamento A1+A2 | ultima soletta | 106 | 25 | 0.15 | 397.5 |
| 3°P | Appartamento B | ultima soletta | 82 | 25 | 0.15 | 307.5 |
| 3°P | Appartamento C | ultima soletta | 100 | 25 | 0.15 | 375 |
| 2°P | Appartamento D | ultima soletta | 82 | 25 | 0.15 | 307.5 |
| TOTALE | | | | | | **1387.5** |

Tab. 22 – Calcolo delle dispersioni attraverso le strutture orizzontali

#### *4.4.2.3 – Calcolo delle dispersioni per ventilazione*

Da aggiungere alle dispersioni attraverso le strutture sono le dispersioni di calore da attribuire ai ricambi d’aria, nelle quantità e modalità previste dalla legge. Queste vengono calcolate mediante la formula:

$$\mathbf{Q = n \times V \times Csv \times \Delta T}$$

Dove:
- n = Numero di ricambi all’ora da garantire al locale (1)
- V = volume del locale considerato in $m^3$
- Csv = Calore specifico dell’aria = **0.35 Wh/$m^3$ K**

- $\Delta T$ = Differenza di temperatura tra interno ed esterno. In inverno è considerata di **25 K.**

| DISPERSIONE PER VENTILAZIONE (RICAMBI D'ARIA) – SITUAZIONE INVERNALE | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| **PIANO** | **APPARTAMENTO** | **LOCALE** | **RICAMBI/ ORA (n)** | **VOLUME (mc)** | **Csv (Wh/mc K)** | **DISPERSIONI (W)** |
| P.T | | Negozio 1 | 1 | 520 | 0.35 | **4550** |
| | | Negozio 2 | 1 | 800 | 0.35 | **3500** |
| | | | | | | |
| 1° piano | Appartamento A | Cucina | 1 | 32.4 | 0.35 | 283.5 |
| | | Sala | 0.5 | 95 | 0.35 | 415.6 |
| | | Camera 1 | 0.5 | 50 | 0.35 | 218.75 |
| | | Camera 2 | 0.5 | 46.8 | 0.35 | 204.75 |
| | | Bagno | 2 | 18.6 | 0.35 | 325.5 |
| | | | | | | **1448.1** |
| | | | | | | |
| | Appartamento B | Sala/Cucina | 1 | 76.2 | 0.35 | 666.75 |
| | | Camera 1 | 0.5 | 42 | 0.35 | 183.75 |
| | | Camera 2 | 0.5 | 53.7 | 0.35 | 234.9 |
| | | Bagno | 2 | 19.4 | 0.35 | 339.5 |
| | | | | | | **1424.9** |
| | | | | | | |
| | Appartamento C | Sala/Cucina | 1 | 117.6 | 0.35 | 1029.5 |
| | | Camera 1 | 0.5 | 47 | 0.35 | 205.6 |
| | | Camera 2 | 0.5 | 45.5 | 0.35 | 199 |
| | | Bagno | 2 | 22.5 | 0.35 | 393.75 |
| | | | | | | **1827.85** |
| | | | | | | |
| | Appartamento D | Cucina | 1 | 11.7 | 0.35 | 102.37 |
| | | Sala | 0.5 | 69 | 0.35 | 301.875 |
| | | Camera 1 | 0.5 | 45 | 0.35 | 196.875 |
| | | Camera 2 | 0.5 | 31 | 0.35 | 135.625 |
| | | Bagno | 2 | 17 | 0.35 | 297.5 |
| | | | | | | **1034.245** |
| | | | | | | |
| 2° piano | Appartamento A1 | Bagno | 2 | 11.85 | 0.35 | 207.375 |
| | | Camera 1 | 0.5 | 46.2 | 0.35 | 202.125 |
| | | Sala 1 | 1 | 62.67 | 0.35 | 548.36 |
| | | | | | | **957.86** |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Appartamento A2 | Sala/camera | 1 | 93.81 | 0.35 | 820.83 |
| | | Bagno | 2 | 22.74 | 0.35 | 397.95 |
| | | | | | | **1218.78** |
| | | | | | | |
| | Appartamento B | Bagno | 2 | 19.38 | 0.35 | 339.15 |
| | | Camera 1 | 0.5 | 42 | 0.35 | 183.75 |
| | | Camera 2 | 0.5 | 55.38 | 0.35 | 242.28 |
| | | Sala/Cucina | 1 | 75.42 | 0.35 | 659.92 |
| | | | | | | **1425.1** |
| | | | | | | |
| | Appartamento C | Bagno | 2 | 22.5 | 0.35 | 393.75 |
| | | Camera 1 | 0.5 | 47 | 0.35 | 205.625 |
| | | Camera 2 | 0.5 | 42.96 | 0.35 | 187.95 |
| | | Sala/Cucina | 1 | 80 | 0.35 | 700 |
| | | | | | | **1487.325** |
| | | | | | | |
| | Appartamento D | Bagno | 2 | 17 | 0.35 | 297.5 |
| | | Camera 1 | 0.5 | 45.15 | 0.35 | 197.5 |
| | | Camera 2 | 0.5 | 31 | 0.35 | 135.6 |
| | | Sala | 0.5 | 69.42 | 0.35 | 303.71 |
| | | Cucina | 1 | 20.8 | 0.35 | 182 |
| | | | | | | **1116.31** |
| | | | | | | |
| 3° piano | Appartamento B1 | Bagno | 2 | 19.38 | 0.35 | 339.15 |
| | | Camera | 0.5 | 42 | 0.35 | 183.75 |
| | | | | | | **522.9** |
| | | | | | | |
| | Appartamento B2 | Sala/Cucina | 1 | 72 | 0.35 | 630 |
| | | Camera | 0.5 | 31.71 | 0.35 | 138.73 |
| | | | | | | **768.73** |
| | | | | | | |
| | Appartamento C1 | Bagno | 2 | 22.5 | 0.35 | 393.75 |
| | | Camera | 0.5 | 47 | 0.35 | 205.625 |
| | | | | | | **599.375** |
| | | | | | | |
| | Appartamento C2 | Camera | 0.5 | 42.75 | 0.35 | 187.03 |
| | | Sala/Cuci | 1 | 85.2 | 0.35 | 745.5 |

| | | na | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | **935.53** |

| **TOT.** | | **22814.005** |
|---|---|---|

Tab. 23 – Calcolo delle dispersioni per ventilazione in tutti i locali degli appartamenti progettati

### 4.4.3 – Calcolo del guadagno termico invernale

Il calcolo del guadagno termico invernale è utile per quantificare effettivamente quanta energia solare viene trasformata, direttamente o per accumulo, in calore, così da poter valutare il riscaldamento dell'ambiente e la sua temperatura interna. Dal momento che la serra è stata inserita nel progetto con il preciso scopo di ridurre i consumi energetici partecipando attivamente al riscaldamento degli spazi abitati, tale calcolo costituisce una prova molto importante dei vantaggi derivanti dalla sua presenza.
Esso viene effettuato tenendo conto del sia del guadagno diretto che dell'accumulo, garantito dalla struttura del pavimento della serra, costruito con lastre di calcestruzzo prefabbricato posato in opera dello spessore di 10 cm. Al fine del calcolo è necessario conoscere i totali giornalieri dei guadagni termici solari trasmessi, in una giornata limpida, attraverso il vetro:

| GUADAGNO TERMICO SOLARE GIORNALIERO (kWh/Mq) 45° LATITUDINE NORD | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **MESE** | **N** | **NE,NO** | **E,O** | **SE,SO** | **S** | **ORIZZ** |
| **Gennaio** | **0.32** | **0.34** | **1.28** | **3.16** | **4.48** | **2.43** |
| Febbraio | 0.47 | 0.58 | 1.9 | 3.62 | 4.75 | 3.81 |
| Marzo | 0.66 | 1.09 | 2.61 | 3.8 | 4.17 | 5.42 |
| Aprile | 0.91 | 1.8 | 3.15 | 3.56 | 3.01 | 6.92 |
| Maggio | 1.22 | 2.33 | 3.41 | 3.22 | 2.24 | 7.95 |
| Giugno | 1.44 | 2.58 | 3.52 | 3.05 | 1.98 | 8.33 |
| **Luglio** | **1.26** | **2.34** | **3.36** | **3.15** | **2.19** | **7.91** |
| Agosto | 0.97 | 1.81 | 3.06 | 3.42 | 2.89 | 6.85 |
| Settembre | 0.69 | 1.08 | 2.48 | 3.61 | 3.98 | 5.23 |
| Ottobre | 0.48 | 0.59 | 1.83 | 3.46 | 4.53 | 3.74 |
| Novembre | 0.33 | 0.34 | 1.26 | 3.1 | 4.38 | 2.42 |
| Dicembe | 0.26 | 0.26 | 0.97 | 2.82 | 4.07 | 1.92 |

Tab. 24 – Valori dei guadagni termici solari attraverso una vetratura doppia verticale, calcolati in kWh/mq. In neretto sono evidenziati i due mesi tipo i cui valori sono stati presi in considerazione per il calcolo del guadagno termico, estivo ed invernale.

Ciascun valore, per essere utilizzato, deve essere opportunamente modificato sulla base delle caratteristiche dei vetri utilizzati, in particolare per quanto riguarda i fattori di riflessione ed assorbimento. Nel caso del progetto in esame, il pacchetto impiegato per le vetrate della serra e delle finestre ha un fattore di riduzione da applicare ai valori in tabella pari al 36% (0,36).

Ai fini del calcolo del guadagno termico solare, sia diretto che per accumulo, non vanno conteggiate le superfici vetrate con schermature od ombreggiature. Nel caso del progetto in esame, di cui si analizza il guadagno termico solo per gli ambienti comunicanti con la

serra, dunque quelli con affaccio a Sud, parte della vetrata che costituisce la serra è schermata da pannelli vetrati fissi in cui sono state integrate celle fotovoltaiche, opportunamente disposte in modo da far filtrare sufficiente luce da garantire un'ottima visibilità pur schermandone la gran parte per evitare il surriscaldamento e l'eccessiva luminosità.

**Guadagno termico solare diretto**

In questo caso la radiazione solare che penetra in un ambiente attraverso una finestra o un componente vetrato viene raccolta interamente in esso e si trasforma in calore. La quantità di calore trasmesso per metro quadrato di metratura dipende da molti fattori, quali la latitudine e l'ubicazione dell'edificio, e l'orientamento e il tipo di vetrata utilizzato nel progetto. Un altro particolare importante riguarda poi la presenza o meno di schermature a protezione della finestra, che impediscono alla radiazione di penetrare nello spazio.

La formula che calcola il guadagno termico diretto è la seguente:

$$\mathbf{HG = A_{ve} \times I_t}$$

Dove
HG = Guadagno termico
$A_{ve}$ = Area della vetrata interessata al netto delle superfici ombreggiate
$I_t$ = Guadagno termico solare attraverso 1 mq di metratura: Wh/giorno (da tabella)

**Guadagno termico da serra addossata**

La presenza di un ambiente quale la serra, utilizzata sia come ambiente abitabile sia come strumento di accumulo del calore, e tale da conservare nella sua stessa struttura parte di quello incamerato durante le giornate limpide, per rilasciarlo di notte o eventualmente durante giornate meno limpide, garantendo comunque un buon livello di comfort interno, porta alla necessità di correggere il calcolo del guadagno diretto aggiungendo una percentuale di calore, che appunto si "accumula".

In questo caso il calcolo dovrà essere modificato attraverso la seguente formula

$$\mathbf{HG = A_{ve} \times I_t \times P}$$

Dove:
HG = Guadagno termico
$A_{ve}$ = Area della vetrata interessata al netto delle superfici ombreggiate
$I_t$ = Guadagno termico solare attraverso 1 mq di metratura: Wh/giorno (da tabella)
P = Percentuale di energia incidente sulla superficie di accumulo che viene trasmessa allo spazio abitato (viene calcolata mediante una tabella)

Per utilizzare correttamente la tabella occorre essere in possesso delle informazioni riguardanti la dimensione della superficie d'accumulo e quella dell'ambiente da riscaldare, in modo da poter ricavarne il rapporto. Infine occorre conoscere il valore del coefficiente di dispersione termica, Ksp. Per il progetto esaminato esso è stato calcolato mediante in **40,1 Wh/giorno mq K**.

Con i dati ottenuti è possibile ricavare in modo relativamente semplice la temperatura media prevista all'interno del locale considerato. Dopo aver infatti calcolato i guadagni termici diretto e per accumulo, ossia relativi ai diversi modi in cui l'ambiente viene riscaldato, è necessario sommare questi apporti per avere il totale.
Per ottenere la temperatura interna media relativa ai dati prima calcolati, occorre suddividere il valore totale dei Wh guadagnati in un giorno per la superficie del locale considerato, in modo da ottenere il guadagno termico totale dello spazio per metro quadrato di superficie abitata. Suddividendo il tutto anche per il coefficiente di dispersione termica dell'ambiente, prima calcolato, e sommando a quanto ottenuto la temperatura media mensile del mese di gennaio (mese di cui erano già stati utilizzati i valori degli apporti solari al metro quadrato), si può ottenere con buona approssimazione la temperatura media interna dello spazio. Va considerato come dopo da uno a tre giorni di condizioni meteorologiche simili lo spazio considerato si "stabilizza" come un sistema termodinamico, pertanto la temperatura interna rimane all'incirca la stessa da un giorno all'altro.

**HG sp = Hgtot / A sa**

Dove:

HGsp = Guadagno termico solare specifico dell'ambiente
HGtot = Guadagno termico totale (somma di quello diretto e per accumulo)
Asa = Area della superficie abitabile

| **TEMPERATURE MEDIE MENSILI ANNUALI** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **MESE** | **1995** | **1996** | **1997** | **1998** | **1999** | **2000** |
| Gennaio | 4.14 | 4.94 | 5.26 | 4.71 | 5.32 | **4.36** |
| Febbraio | 7.4 | 4.53 | 7.46 | 8 | 5.56 | **7.43** |
| Marzo | 8.72 | 8.22 | 12.57 | 10.37 | 9.91 | **10.53** |
| Aprile | 13.81 | 14.01 | 13.57 | 12.14 | 13.73 | **13.13** |
| Maggio | 17.74 | 17.4 | 18.23 | 18.54 | 19.42 | **19.23** |
| Giugno | 19.79 | 22.91 | 20.46 | 22.59 | 21.44 | **23.77** |
| Luglio | 26 | 23.08 | 23.46 | 24.85 | 24.88 | **22.85** |
| Agosto | 23.34 | 22.53 | 24.44 | 25.09 | 23.22 | **23.9** |
| Settembre | 17.04 | 16.93 | 24.44 | 18.97 | 20.59 | **20.23** |
| Ottobre | 15.67 | 14.04 | 14.91 | 13.87 | 14.41 | **14.6** |
| Novembre | 8.79 | 9.52 | 8.89 | 7.12 | 8.5 | **8.86** |
| Dicembre | 5.38 | 5.37 | 5.74 | 4.28 | 4.57 | **n.d.** |
| Media | 13.98 | 13.62 | 14.95 | 14.21 | 14.3 | **15.35** |

Tab. 25 – Temperature medie mensili annuali degli ultimi anni a Como (Dati del Piano Energetico Provinciale di Como). In neretto è evidenziata la colonna relativa ai dati più recenti, quelli utilizzati in questi calcoli.

Agli apporti solari va però sottratta la quantità di calore sottratta attraverso la necessaria ventilazione dei locali considerati:

| PIANO | APPARTAMENTO | SOMMA DISPERSIONI (W) | DISPERSIONI GIORNALIERE (Wh) |
|---|---|---|---|
| 1 | A | 415.6 | 9974.4 |
| | B | 850.5 | 20412 |
| | C | 1228.5 | 29484 |
| | D | 539.87 | 12956.88 |
| 2 | A | 820.83 | 19699.92 |
| | B | 902.2 | 21652.8 |
| | C | 887.95 | 21310.8 |
| | D | 621.31 | 14911.4 |
| 3 | B | 768.73 | 18449.52 |
| | C | 932.53 | 22380.72 |

Tab. 26 – Dati relativi alle dispersioni giornaliere dovute alla ventilazione prevista per legge dei locali. Per i valori relativi ai singolo locali, a cui ci si è rifatti per questa tabella, si rimanda alla tab. relativa.

**PRIMO PIANO**

- **APPARTAMENTO A**

1. Guadagno diretto

Vetrata della serra:

| **TIPO VETRATA** | **ORIENTAMENTO** | **AREA** | **It (Wh/Mq)** | **FATT. RIDUZ.** | **It (RIDOTTO)** | **GUADAGNO TERMICO** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S-O | 12.3 | 3160 | 0.36 | 1137.6 | 13992.5 |
| | O | 10.32 | 1280 | | 406.8 | 4198.17 |
| FINESTRA | N-O | 3.28 | 340 | | 122.4 | 401.472 |
| | S-E | 6 | 3160 | | 1137.6 | 6825.6 |
| TOTALE | | | | | | **25417.728** |

Tab. 27 – Guadagno termico solare invernale attraverso la serra dell'appartamento A (primo piano)

2. Guadagno da serra addossata

Dati:

Ksp = **40,1 Wh/giorno mq °C**
Area ambiente = **47 mq**
Area serra = **15 mq**
Si ricava così che la percentuale di radiazione incidente sul pavimento della serra è del 42%. Dal momento che le superfici vetrate da considerare sono le medesime di quelle

utilizzate nel calcolo del guadagno diretto, è possibile operare la riduzione percentuale sul totale del guadagno prima ottenuto:

HG = 25417.728 x 0,42 = **7640.07 Wh giorno**

3. Guadagno totale:

Dal momento che lo spazio è riscaldato sia con il metodo diretto che con quello dell'accumulo, per ottenere l'effettivo carico termico ad esso inerente, è sufficiente sommare i due apporti:

HG tot = 25417.725 + 7640.07 = **33057.8 Wh**

4. Sottrazione delle dispersioni per ventilazione

33057.8 – 9974.4 = **23083.4 Wh**

5. Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

HG sp = (23083.4 Wh/47 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 4,36 °C = **16.6 °C**

La temperatura interna della zona-giorno dell'appartamento A è molto vicina ai valori di legge per gli ambienti interni di una abitazione. Pertanto sarà possibile non riscaldare il locale in questione con riscaldamento aggiuntivo, tranne che nei casi in cui le condizioni climatiche esterne non lo richiedano. Va infatti considerato come i calcoli sin qui effettuati tengano conto di situazioni climatiche standard e soprattutto medie, con la possibilità che si verifichino condizioni impreviste. Pertanto anche nelle zone adiacenti la serra, e nella serra stessa, è stato in ogni caso previsto un sistema di riscaldamento (e raffrescamento insieme, vista la necessità in estate di abbassare la temperatura) a parete e a pavimento che può eventualmente coprire le mancanze del riscaldamento diretto offerto dai raggi solari.

- **APPARTAMENTO B**

1.Guadagno diretto

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S | 12 | 4480 | 0.36 | 1612.8 | 19353.6 |
| | O | 12 | 1280 | | 406.8 | 4881.6 |
| FINESTRA | S-O | 4.16 | 3160 | | 1137.6 | 4732.416 |
| | N-O | 4.05 | 340 | | 122.4 | 495.72 |
| TOTALE | | | | | | **29459.592** |

Tab. 28 – Guadagno termico solare invernale attraverso la serra dell'appartamento B (primo piano)

2.Guadagno da serra addossata

Dati:

Ksp = **40,1 Wh/giorno mq °C**
Area ambiente = **55 mq**
Area serra = **13 mq**

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 43%

HG = 29459.592 x 0,42 = **12667.62 Wh**

3.Guadagno totale:

29459.592 + 12667.62 = **42127.212 Wh**

4.Sottrazione del calore disperso:

42127.212 – 20412 = **21715.212 Wh**

5.Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

HG sp = (21715.212 Wh/55 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 4,36 °C = **14.2 °C**

- **APPARTAMENTO C**

1.Guadagno diretto

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S-O | 19.2 | 3160 | 0.36 | 1137.6 | 21841.92 |
| FINESTRA | S-E | 8.5 | 3160 | | 1137.6 | 9669.6 |
| | S-O | 3.9 | 3160 | | 1137.6 | 4436.64 |
| TOTALE | | | | | | **35948.16** |

Tab. 29 – Guadagno termico solare invernale attraverso la serra dell'appartamento C (primo piano)

2.Guadagno da serra addossata

Dati:

Ksp = **40,1 Wh/giorno mq °C**
Area ambiente = **50 mq**
Area serra = **15 mq**

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 42%

HG = 35948.16 x 0,42 = **15098.23 Wh**

3.Guadagno totale:

35948.16 + 15098.23 = **51046.39 Wh**

4.Sottrazione del calore disperso:

51046.39 – 29484 = **21562.39 Wh**

5.Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

HG sp = (21562.39 Wh/50 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 4,36 °C = **15.11°C**

- **APPARTAMENTO D**

1.Guadagno diretto

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S | 12 | 4480 | 0.36 | 1612.8 | 19353.6 |
| | S-E | 7.2 | 3160 | | 1137.6 | 8190.72 |
| | E | 12 | 1280 | | 406.8 | 5529.6 |
| | S-O | 6 | 3160 | | 1137.6 | 6825.6 |
| | O | 12 | 1280 | | 406.8 | 5529.6 |
| FINESTRA | N-O | 5.2 | 340 | | 122.4 | 636.48 |
| TOTALE | | | | | | **46065.6** |

Tab. 30 – Guadagno termico solare invernale attraverso la serra dell'appartamento D (primo piano)

2.Guadagno da serra addossata

Dati:

Ksp = **40,1 Wh/giorno mq °C**
Area ambiente = **75 mq**
Area serra = **28.5 mq**

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 40%

HG = 46065.6 x 0,40 = **18426.24 Wh**

3.Guadagno totale:

46065.6 + 18426.24 = **64491.84 Wh**

4.Sottrazione del calore disperso:

64491.84 – 12956.88 = **51534.96 Wh**

5.Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

HG sp = (51534.96 Wh/75 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 4,36 °C = **21.5°C**

**SECONDO PIANO**

- **APPARTAMENTO A**

1.Guadagno diretto

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/ Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S-O | 13.68 | 3160 | 0.36 | 1137.6 | 15562.368 |
| | O | 14 | 1280 | | 406.8 | 5695.2 |
| FINESTRA | S-E | 6.24 | 3160 | | 1137.6 | 7098.624 |
| | N-O | 3.28 | 340 | | 122.4 | 401.472 |
| TOTALE | | | | | | **28757.664** |

Tab. 31 – Guadagno termico solare invernale attraverso la serra dell'appartamento A (secondo piano)

2.Guadagno da serra addossata

Dati:

Ksp = **40,1 Wh/giorno mq °C**
Area ambiente = **44 mq**
Area serra = **13 mq**

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 40%

HG = 28757.664 x 0,40 = **11503.06 Wh**

3.Guadagno totale:

28757.664 + 11503.06 = **40260.724 Wh**

4.Sottrazione del calore disperso:

40260.724 – 19699.92 = **20560.8 Wh**

5.Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

Ti = (20560.8 Wh/75 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 4,36 °C = **16°C**

- **APPARTAMENTO B**

1.Guadagno diretto

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/ Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S | 14.8 | 4480 | 0.36 | 1612.8 | 23869.44 |
| | O | 15.6 | 1280 | | 406.8 | 6346.08 |
| FINESTRA | N-O | 2.6 | 340 | | 122.4 | 318.24 |
| | S-O | 3.64 | 3160 | | 1137.6 | 4140.864 |
| TOTALE | | | | | | **34674.624** |

Tab. 32 – Guadagno termico solare invernale attraverso la serra dell'appartamento B (secondo piano)

2.Guadagno da serra addossata

Dati:

Ksp = **40,1 Wh/giorno mq °C**
Area ambiente = **55 mq**
Area serra = **10.5 mq**

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 42.5%

HG = 34674.624 x 0,425 = **14736.715 Wh**

3.Guadagno totale:

34674.624 + 14736.715 = **49411.339 Wh**

4.Sottrazione del calore disperso:

49411.339 – 21652.8 = **27758.54 Wh**

5.Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

Ti = (27758.54 Wh/55 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 4,36 °C = **17°C**

- **APPARTAMENTO C**

1.Guadagno diretto

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/ Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S-O | 11 | 3160 | 0.36 | 1137.6 | 12513.6 |
| FINESTRA | O | 15.8 | 1280 | | 406.8 | 6427.44 |
| | S-E | 6.76 | 3160 | | 1137.6 | 7690.176 |
| | S-O | 4.55 | 3160 | | 1137.6 | 5176.08 |
| TOTALE | | | | | | **31807.296** |

Tab. 33 – Guadagno termico solare invernale attraverso la serra dell'appartamento C (secondo piano)

2.Guadagno da serra addossata

Dati:

Ksp = **40,1 Wh/giorno mq °C**
Area ambiente = **46 mq**
Area serra = **13 mq**

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 40%

HG = 31807.296 x 0,40 = **12722.9184 Wh**

3.Guadagno totale:

31807.296 + 12722.9184 = **44530.2144 Wh**

4.Sottrazione del calore disperso:

44530.2144 – 21310.8 = **23219.4144 Wh**

5.Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

Ti = (23219.4144 Wh/46 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 4,36 °C = **17°C**

- **APPARTAMENTO D**

1.Guadagno diretto

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S-O | 14.8 | 3160 | 0.36 | 1137.6 | 16836.48 |
| | S | 14.8 | 4480 | | 1612.8 | 23869.44 |
| | O | 8.6 | 1280 | | 406.8 | 3498.48 |
| TOTALE | | | | | | **44204.4** |

Tab. 34 – Guadagno termico solare invernale attraverso la serra dell'appartamento D (secondo piano)

2.Guadagno da serra addossata

Dati:

Ksp = **40,1 Wh/giorno mq °C**
Area ambiente = **66.5 mq**
Area serra = **23.5 mq**

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 40%

HG = 44204.4 x 0,40 = **16481.76 Wh**

3.Guadagno totale:

44204.4 + 16481.76 = **60686.16 Wh**

4.Sottrazione del calore disperso:

60686.16 – 14911.4 = **45774.76 Wh**

5.Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

Ti = (45774.76 Wh/66.5 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 4,36 °C = **21.5°C**

**TERZO PIANO**

- **APPARTAMENTO B**

1.Guadagno diretto

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/ Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S-O | 11.2 | 3160 | 0.36 | 1137.6 | 12741.12 |
| | S | 9.6 | 4480 | | 1612.8 | 15482.88 |
| | O | 9.6 | 1280 | | 406.8 | 3905.28 |
| FINESTRA | N-O | 1.755 | 340 | | 122.4 | 214.812 |
| | S-O | 3.64 | 3160 | | 1137.6 | 4140.864 |
| TOTALE | | | | | | **36484.956** |

Tab. 35 – Guadagno termico solare invernale attraverso la serra dell'appartamento B (terzo piano)

2.Guadagno da serra addossata

Dati:

Ksp = **40,1 Wh/giorno mq °C**
Area ambiente = **43 mq**
Area serra = **8.2 mq**

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 41%

HG = 36484.956 x 0,41 = **14958.83 Wh**

3.Guadagno totale:

36484.956 + 14958.83 = **51443.786 Wh**

4.Sottrazione del calore disperso:

51443.786 – 18449.52 = **32994.266 Wh**

5.Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

Ti = (32994.266 Wh/43 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 4,36 °C = **23.5°C**

- **APPARTAMENTO C**

1.Guadagno diretto

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/ Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S-O | 6.4 | 3160 | 0.36 | 1137.6 | 7280.64 |
| | S-O | 11.6 | 3160 | | 1137.6 | 13196.16 |
| | O | 9.4 | 1280 | | 406.8 | 3823.92 |
| FINESTRA | S-E | 6.75 | 3160 | | 1137.6 | 7678.8 |
| | S-O | 4.55 | 3160 | | 1137.6 | 5176.08 |
| TOTALE | | | | | | **37155.6** |

Tab. 36 – Guadagno termico solare invernale attraverso la serra dell'appartamento C (secondo piano)

2.Guadagno da serra addossata

Dati:

Ksp = **40,1 Wh/giorno mq °C**
Area ambiente = **45 mq**
Area serra = **10 mq**

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 41%

HG = 37155.6 x 0,41 = **15233.796 Wh**

3.Guadagno totale:

37155.6 + 15233.796 = **52389.396 Wh**

4.Sottrazione del calore disperso:

52389.396 – 22380.72 = **30008.676 Wh**

5.Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

Ti = (30008.676 Wh/45 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 4,36 °C = **21.5°C**

Durante la stagione invernale, considerando i valori medi di temperatura e di radiazione solare incidente a metro quadrato, il fabbisogno di riscaldamento è perfettamente coperto dal calore trasmesso dai raggi del sole e accumulato grazie alla serra. La sua struttura permette infatti di mantenere inalterata la temperatura interna del locale fino a due-tre giorni in cui l'insolazione non è presente o comunque non sufficiente. Questi risultati confermano il vantaggio energetico conseguito con la progettazione dello spazio vetrato sul lato sud degli edifici, non ipotizzabile con delle semplici aperture finestrate, per quanto ampie. Significativa a questi proposito risulta essere la scelta di differenziare la struttura della serra da quella dell'appartamento vero e proprio, in quanto ha permesso di valorizzare ed amplificare le caratteristiche proprie di questo sistema solare misto (sia

attivo che passivo): l’abbassamento della lamiera grecata in corrispondenza dello sbalzo ha permesso infatti l’inserimento del massetto in calcestruzzo, anima della tecnologia dell’accumulo, che sostituisce il più diffuso muro per l’accumulo. Nel progetto non era possibile predisporre murature con grossi spessori e di ingente peso sia per restare fedeli alla tecnologia costruttiva a secco (che da sola permette un risparmio nella costruzione e nella gestione dell’edificio rispetto ad una tecnologia tradizionale), ma soprattutto per non intaccare i gradi di flessibilità degli appartamenti, di cui la serra e il suo limite costituiscono il fulcro principale. Inoltre il posizionamento della massa d’accumulo nel pavimento, data anche la forma a “bolla” della serra, è preferibile in quanto direttamente investita dai raggi solari sia in estate che in inverno, ottimizzando al massimo il calore che questi forniscono.

#### *4.4.3.1 – Calcolo del fabbisogno mensile di riscaldamento*

Per sottolineare infine ancora una volta il risparmio ottenuto grazie al guadagno termico dovuto alla serra, è opportuno effettuare il calcolo del fabbisogno mensile di riscaldamento, eseguito qui di seguito per il mese di Gennaio, di cui erano stati utilizzati i dati anche per le precedenti analisi sulla temperatura, e per un singolo appartamento del piano tipo (primo piano). In questo modo è possibile determinare la quantità di calore necessaria per il riscaldamento di uno o più ambienti (in questo caso sono stati considerati gli ambienti della serra e dei locali ad essa attigui, come nel calcolo del guadagno termico invernale, § 4.4.3).

**Appartamento A – Primo piano**

Il fabbisogno mensile di riscaldamento si ottiene mediante la formula:

$$\mathbf{Q_R = k_{sp} \times A_{sa} \times GG_{mese}}$$

Dove:
Q = fabbisogno mensile in W
$A_{sa}$ = superficie dello spazio considerato
$GG_{mese}$ = Gradi giorno mensili

$$Q_R = 40{,}1 \text{ W} \times 47 \text{ mq} \times 536 = \mathbf{1010199.2 \text{ W}}$$

Una volta ottenuto questo dato, per verificare l’incidenza del calore prodotto dalla serra durante le giornate soleggiate sul fabbisogno medio mensile di riscaldamento, si calcola il **FABBISOGNO AUSILIARIO**:

$$\mathbf{Q_{AUX} = Q_R + Q_C}$$

Dove :
$Q_{AUX}$ = Fabbisogno di riscaldamento ausiliario
$Q_R$ = Fabbisogno mensile di riscaldamento
$Q_C$ = Contributo mensile fornito dal sole

$$Q_C = 33057.8 \text{ W/giorno} \times 31 \text{ giorni} = \mathbf{1024791.8 \text{ W/mese}}$$

$$Q = 1010199 – 1024791.8 = \mathbf{0}$$

Il contributo del sole nel riscaldamento degli ambienti considerati (locali esposti a sud e affacciati sul sistema di serre) è tale per cui in inverno è possibile non utilizzare il riscaldamento ausiliario. In ogni caso, dato che il calcolo è stato effettuato tenendo conto delle condizioni medie della stagione, è possibile in qualsiasi momento attivare i pannelli riscaldanti a parete e a soffitto, per ristabilire le condizioni di comfort eventualmente non raggiunte. A questo proposito è stata predisposta sulla copertura una caldaia a condensazione che subentra ai generatori sopra citati qualora le condizioni climatiche lo rendessero necessario.

### *4.4.4 – Calcolo del guadagno termico estivo*

Dopo aver studiato gli apporti solari – e I loro benefici – in inverno, è importante conoscere il comportamento della serra nei mesi estivi, quelli in cui essa è maggiormente sollecitata. La grande struttura vetrata e trasparente è infatti sinonimo di guadagno termico, tanto più in estate quando le temperature sono notevolmente alte ai nostri climi. È dunque necessario predisporre dei sistemi di schermatura e avvalersi delle più moderne tecnologie (ad esempio vetri basso-emissivi o selettivi, come nel caso del progetto in questione) per limitare l'entrata dei raggi solari. Il fine ultimo del risparmio energetico, raggiunto con buoni risultati nei mesi da ottobre a marzo, potrebbe essere vanificato dal problema del surriscaldamento estivo, e quindi far considerare la serra non vantaggiosa nel complesso dell'anno solare.

Il procedimento utilizzato è lo stesso utilizzato nei paragrafi precedenti nella situazione invernale. Viene considerato il mese di Luglio 2000 (dati messi a disposizione dal Piano Energetico Provinciale del 2001).
Da sottolineare come la superficie captante della serra è ridotta in quanto la forma della stessa è tale da schermare parte delle radiazioni incidenti, che in questa stagione sono inclinate di circa 67° rispetto all'orizzontale. Non viene inoltre conteggiata la superficie ricoperta dalle celle fotovoltaiche, la cui inclinazione è ottimizzata proprio per il loro sfruttamento in estate, che costituiscono una efficace e permanente ombreggiatura che scherma i raggi solari a partire dalle finestre apribili fino alla chiusura della serra.
Infine viene calcolata la superficie di pareti e pavimenti raffrescanti predisposta per mantenere la temperatura dell'aria entro livelli confortevoli anche con temperature esterne torride.

**PRIMO PIANO**

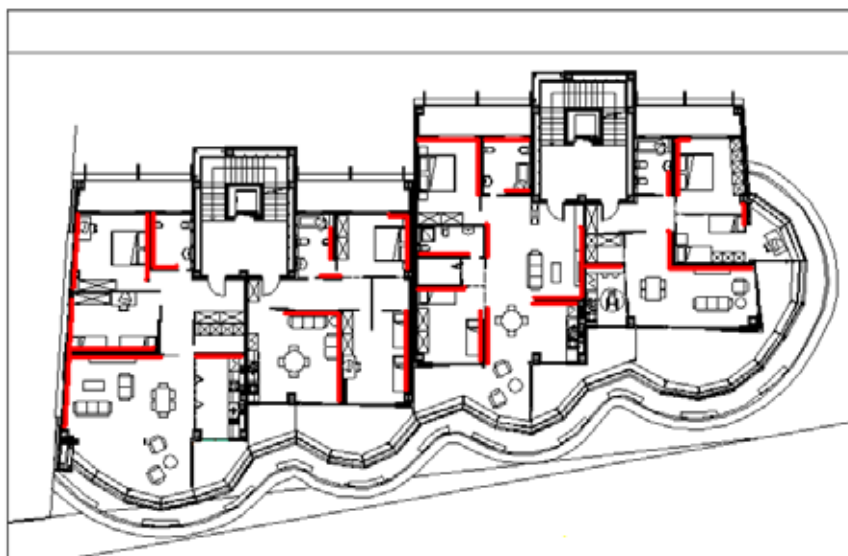



Fig. 98 – Localizzazione dei pannelli radianti a parete negli appartamenti del primo piano

• **APPARTAMENTO A**

1. Guadagno diretto

Vetrata della serra:

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S-O | 4.1 | 3150 | 0.36 | 1134 | 4649.4 |
| | O | 1.7 | 3360 | | 1209.6 | 2056.32 |
| TOTALE | | | | | | **6705.72** |

Tab. 37 – Guadagno termico solare estivo attraverso la serra dell'appartamento A (primo piano)

2. Guadagno da serra addossata

Dati:

Ksp = **40,1 Wh/giorno mq °C**
Area ambiente = **47 mq**
Area serra = **15 mq**

Si ricava così che la percentuale di radiazione incidente sul pavimento della serra è del 42%. Dal momento che le superfici vetrate da considerare sono le medesime di quelle utilizzate nel calcolo del guadagno diretto, è possibile operare la riduzione percentuale sul totale del guadagno prima ottenuto:

HG = 6705.72 x 0,42 = **2816.4 Wh giorno**

3. Guadagno totale:

Dal momento che lo spazio è riscaldato sia con il metodo diretto che con quello dell'accumulo, per ottenere l'effettivo carico termico ad esso inerente, è sufficiente sommare i due apporti:

HG tot = 6705.72 + 2816.4 = **9522.12 Wh**

4. Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

HG sp = ( 9522.12Wh/47 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 22.8 °C = **27.8 °C**

HG sp = ( 9522.12Wh/47 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 30 °C = **35 °C**

5. Calcolo della superficie raffrescante:

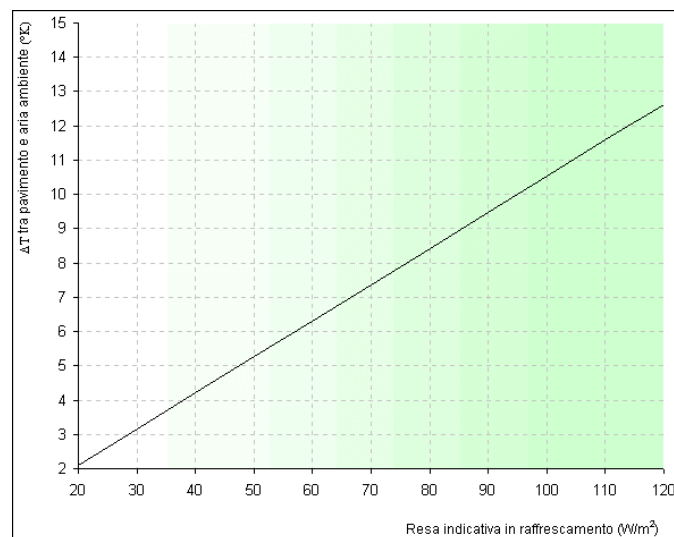



Fig. 99 – Resa al metro quadrato dei pannelli radianti per il riscaldamento e raffrescamento degli ambienti

I pannelli radianti utilizzati hanno una resa unitaria media di **100 W/mq**, calcolata mediante apposite tabelle fornite dal produttore sulla base della resa indicativa di raffrescamento e la differenza di temperatura tra l'ambiente e la superficie raffrescante. Quest'ultima per funzionare correttamente si aggira intorno ai 16-18°C.

Per ottenere la metratura di pannelli radianti necessaria per ottenere nell'ambiente una temperatura interna di 26°C (con una temperatura esterna di 30 °C), considerata ottimale, si calcola preventivamente la quantità di Watt che la garantiscono, utilizzando la formula inversa di quella con cui si ottiene la temperatura interna degli ambienti, in cui l'incognita è appunto il guadagno termico massimo. Si ottiene così:

x = - 4 x 47 x 40,1 = - **7538.8 Wh**

a questo punto posso calcolare I Watt da eliminare mediante il raffrescamento.

W sottrarre = 9522.12 + 7538.8 = **17060.92 Wh**

Dal momento che il guadagno termico estivo è espresso in Wh, devo trasformare nella medesima unità di misura anche la resa del pannello, stimata in 100W/mq:

A pannello = 17060.92/100 x 24 = **7 mq**

In questo modo ho calcolato la superficie raffrescante minima che garantisce in queste condizioni la temperatura ottimale all'interno dell'ambiente considerato.

- **APPARTAMENTO B**

1. Guadagno diretto

Vetrata della serra:

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | O | 4 | 3360 | 0.36 | 1209.6 | 4838.4 |
| | S | 4 | 2190 | | 788.4 | 3153.6 |
| TOTALE | | | | | | **7992** |

Tab. 38 – Guadagno termico solare estivo attraverso la serra dell'appartamento B (primo piano)

2. Guadagno da serra addossata

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 43%

HG = 7992 x 0,43 = **3436.56 Wh giorno**

3. Guadagno totale:

Dal momento che lo spazio è riscaldato sia con il metodo diretto che con quello dell'accumulo, per ottenere l'effettivo carico termico ad esso inerente, è sufficiente sommare i due apporti:

HG tot = 7992 + 3436.56 = **11428.56 Wh**

4. Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

HG sp = (11428.56 Wh/55 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 22.8 °C = **28 °C**

HG sp = (11428.56 Wh/55 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 30 °C = **35 °C**

5. Calcolo della superficie raffrescante:

x = - 4 x 55 x 40,1 = **- 8822 Wh**

a questo punto posso calcolare I Wattora da eliminare mediante il raffrescamento.

Wh sottrarre = 11428.56 + 8822 = **20250.56 Wh**

Dal momento che il guadagno termico estivo è espresso in Wh, devo trasformare nella medesima unità di misura anche la resa del pannello, stimata in 100W/mq:

A pannello = 20250.56/100 x24 = **8.4 mq**

- **APPARTAMENTO C**

1. Guadagno diretto

Vetrata della serra:

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S-O | 6.4 | 3150 | 0.36 | 1134 | 7257.6 |
| TOTALE | | | | | | **7257.6** |

Tab. 39 – Guadagno termico solare estivo attraverso la serra dell'appartamento C (primo piano)

2. Guadagno da serra addossata

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 42%

HG = 7257.6 x 0,42 = **3048.19 Wh giorno**

3. Guadagno totale:

Dal momento che lo spazio è riscaldato sia con il metodo diretto che con quello dell'accumulo, per ottenere l'effettivo carico termico ad esso inerente, è sufficiente sommare i due apporti:

HG tot = 7257.6 + 3048.19 = **10305.8 Wh**

4. Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

HG sp = (10305.8 Wh/50 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 22.8 °C = **27.8 °C**

HG sp = (10305.8 Wh/50 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 30 °C = **35 °C**

5. Calcolo della superficie raffrescante:

x = - 4 x 50 x 40,1 = - **8020 Wh**

a questo punto posso calcolare I Wattora da eliminare mediante il raffrescamento.

Wh sottrarre = 10305.8 + 8020 = **18325.8 Wh**

Dal momento che il guadagno termico estivo è espresso in Wh, devo trasformare nella medesima unità di misura anche la resa del pannello, stimata in 100W/mq:

A pannello = 18325.8/100 x24 = **7.6 mq**

- **APPARTAMENTO D**

1. Guadagno diretto

Vetrata della serra:

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S-O | 2 | 3150 | 0.36 | 1134 | 2268 |
| | S-E | 2.4 | 3150 | | 1134 | 2721.6 |
| | E | 4 | 3360 | | 1209.6 | 4838.4 |
| | S | 4 | 2190 | | 788.4 | 3153.6 |
| TOTALE | | | | | | **12981.6** |

Tab. 40 – Guadagno termico solare estivo attraverso la serra dell'appartamento D (primo piano)

2. Guadagno da serra addossata

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 40%

HG = 12981.6 x 0,4 = **5192.64 Wh giorno**

3. Guadagno totale:

Dal momento che lo spazio è riscaldato sia con il metodo diretto che con quello dell'accumulo, per ottenere l'effettivo carico termico ad esso inerente, è sufficiente sommare i due apporti:

HG tot = 12981.6 + 5192.64 = **18174.24 Wh**

4. Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

HG sp = (18174.24 Wh/75 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 22.8 °C = **28.8 °C**

HG sp = (18174.24 Wh/75 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 30 °C = **36 °C**

5. Calcolo della superficie raffrescante:

x = - 4 x 75 x 40,1 = **- 12030 Wh**

a questo punto posso calcolare I Wattora da eliminare mediante il raffrescamento.

Wh sottrarre = 18174.24 + 12030 = **30204.24 Wh**

Dal momento che il guadagno termico estivo è espresso in Wh, devo trasformare nella medesima unità di misura anche la resa del pannello, stimata in 100W/mq:

A pannello = 30204.24/100 x24 **= 12.6 mq**

**SECONDO PIANO**

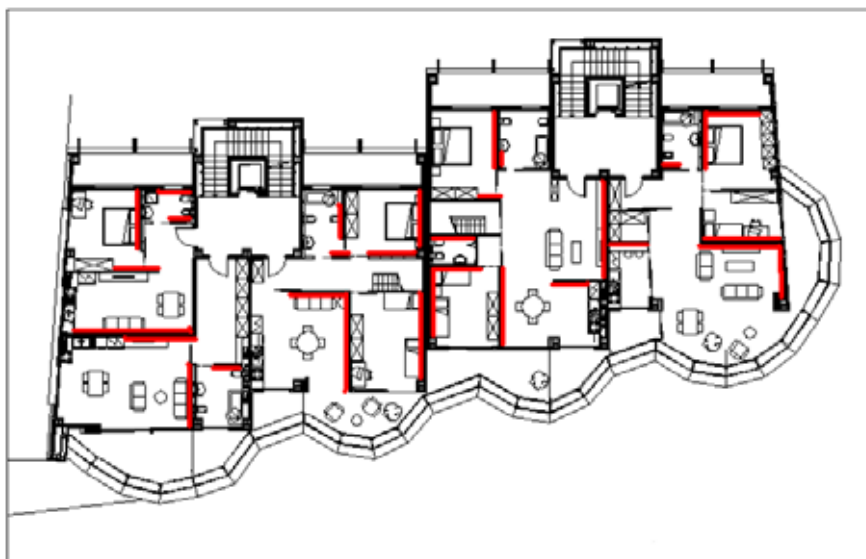



Fig. 100 – Localizzazione dei pannelli radianti a parete negli appartamenti del secondo piano

**• APPARTAMENTO A**

1. Guadagno diretto

Vetrata della serra:

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S-O | 3.7 | 3150 | 0.36 | 1134 | 4195.8 |
| | O | 1.7 | 3360 | | 1209.6 | 2056.32 |
| TOTALE | | | | | | **6252.12** |

Tab. 41 – Guadagno termico solare estivo attraverso la serra dell'appartamento A (secondo piano)

2. Guadagno da serra addossata

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 40%

HG = 6252.12 x 0,4 = **2500.85 Wh giorno**

3. Guadagno totale:

Dal momento che lo spazio è riscaldato sia con il metodo diretto che con quello dell'accumulo, per ottenere l'effettivo carico termico ad esso inerente, è sufficiente sommare i due apporti:

HG tot = 6252.12 + 2500.85 = **8753 Wh**

4. Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

HG sp = (8753 Wh/44 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 22.8 °C = **27.8 °C**

HG sp = (8753 Wh/44 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 30 °C = **35 °C**

5. Calcolo della superficie raffrescante:

x = - 4 x 44 x 40,1 = **7057.6 Wh**

a questo punto posso calcolare I Wattora da eliminare mediante il raffrescamento.

Wh sottrarre = 8753 + 7057.6 = **15810.6 Wh**

Dal momento che il guadagno termico estivo è espresso in Wh, devo trasformare nella medesima unità di misura anche la resa del pannello, stimata in 100W/mq:

A pannello = 15810.6/100 x24 **= 6.6 mq**

- **APPARTAMENTO B**

1. Guadagno diretto

Vetrata della serra:

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S | 3.7 | 2190 | 0.36 | 788.4 | 2917.08 |
| TOTALE | | | | | | **2917.08** |

Tab. 42 – Guadagno termico solare estivo attraverso la serra dell'appartamento B (secondo piano)

2. Guadagno da serra addossata

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 42.5%

HG = 2917.08 x 0,425 = **1239.76 Wh giorno**

3. Guadagno totale:

Dal momento che lo spazio è riscaldato sia con il metodo diretto che con quello dell'accumulo, per ottenere l'effettivo carico termico ad esso inerente, è sufficiente sommare i due apporti:

HG tot = 2917.08 + 1239.76 = **4156.84 Wh**

4. Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

HG sp = (4156.84 Wh/55 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 22.8 °C = **24.7 °C**

HG sp = (4156.84 Wh/55 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 30 °C = **32 °C**

5. Calcolo della superficie raffrescante:

x = - 4 x 55 x 40,1 = **8822 Wh**

a questo punto posso calcolare I Wattora da eliminare mediante il raffrescamento.
Wh sottrarre = 4156.84 + 8822 = **12978.84 Wh**

Dal momento che il guadagno termico estivo è espresso in Wh, devo trasformare nella medesima unità di misura anche la resa del pannello, stimata in 100W/mq:

A pannello = 12978.84/100 x24 **= 5.4 mq**

- **APPARTAMENTO C**

1. Guadagno diretto

Vetrata della serra:

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S-O | 2.75 | 3150 | 0.36 | 1134 | 3118.5 |
| | O | 3.95 | 1209.6 | | 1209.6 | 4777.92 |
| TOTALE | | | | | | **7896.42** |

Tab. 43 – Guadagno termico solare estivo attraverso la serra dell'appartamento C (secondo piano)

2. Guadagno da serra addossata

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 40%

HG = 7896.42 x 0,4 = **3158.57 Wh giorno**

3. Guadagno totale:

Dal momento che lo spazio è riscaldato sia con il metodo diretto che con quello dell'accumulo, per ottenere l'effettivo carico termico ad esso inerente, è sufficiente sommare i due apporti:

HG tot = 7896.42 + 3158.57 = **11055 Wh**

4. Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

HG sp = (11055 Wh/46 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 22.8 °C = **26.8°C**

HG sp = (11055 Wh/46 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 30 °C = **34°C**

5. Calcolo della superficie raffrescante:

x = - 4 x 46 x 40,1 = **7378.4 Wh**

a questo punto posso calcolare I Wattora da eliminare mediante il raffrescamento.

Wh sottrarre = 11055 + 7378.4 = **18433.4 Wh**

Dal momento che il guadagno termico estivo è espresso in Wh, devo trasformare nella medesima unità di misura anche la resa del pannello, stimata in 100W/mq:

A pannello = 18433.4/100 x24 **= 7.7 mq**

- **APPARTAMENTO D**

1. Guadagno diretto

Vetrata della serra:

| **TIPO VETRATA** | **ORIENTAMENTO** | **AREA** | **It (Wh/Mq)** | **FATT. RIDUZ.** | **It (RIDOTTO)** | **GUADAGNO TERMICO** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S-O | 3.7 | 3150 | 0.36 | 1134 | 4195.8 |
| | O | 2.15 | 1209.6 | | 1209.6 | 2600.64 |
| | S | 3.7 | 2190 | | 788.4 | 2917.08 |
| TOTALE | | | | | | **9713.52** |

Tab. 44 – Guadagno termico solare estivo attraverso la serra dell'appartamento D (secondo piano)

2. Guadagno da serra addossata

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 40%

HG = 9713.42 x 0,4 = **3885.4 Wh giorno**

3. Guadagno totale:

Dal momento che lo spazio è riscaldato sia con il metodo diretto che con quello dell'accumulo, per ottenere l'effettivo carico termico ad esso inerente, è sufficiente sommare i due apporti:

HG tot = 9713.42 + 3885.4 = **13598.928 Wh**

4. Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

HG sp = (13598.928 Wh/66.5 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 22.8 °C = **27.8°C**

HG sp = (13598.928 Wh/66.5 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 30 °C = **35°C**

5. Calcolo della superficie raffrescante:

x = - 4 x 66.5 x 40,1 = **10666.6 Wh**

a questo punto posso calcolare I Wattora da eliminare mediante il raffrescamento.

Wh sottrarre = 13598.928 – 10666.6 = **24265.528 Wh**

Dal momento che il guadagno termico estivo è espresso in Wh, devo trasformare nella medesima unità di misura anche la resa del pannello, stimata in 100W/mq:

A pannello = 24265.528/100 x24 **= 10 mq**

**TERZO PIANO**

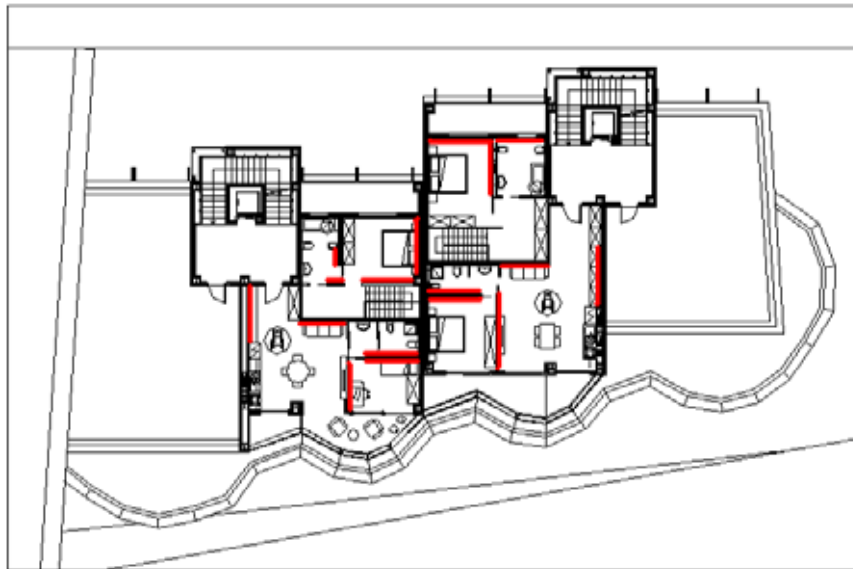



Fig. 101 – Localizzazione dei pannelli radianti a parete negli appartamenti del terzo piano

- **APPARTAMENTO B**

1. Guadagno diretto

Vetrata della serra:

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S-O | 2.8 | 3150 | 0.36 | 1134 | 3175.2 |
| | S | 2.4 | 2190 | | 788.4 | 1892.16 |
| TOTALE | | | | | | **5067.36** |

Tab. 45 – Guadagno termico solare estivo attraverso la serra dell'appartamento B (terzo piano)

2. Guadagno da serra addossata

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 41%

HG = 5067.36 x 0,41 = **2178.96 Wh giorno**

3. Guadagno totale:

Dal momento che lo spazio è riscaldato sia con il metodo diretto che con quello dell'accumulo, per ottenere l'effettivo carico termico ad esso inerente, è sufficiente sommare i due apporti:

HG tot = 5067.36 + 2178.96 = **7246.32 Wh**

4. Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

HG sp = (7246.32 Wh/43 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 22.8 °C = **27°C**

HG sp = (7246.32 Wh/43 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 30 °C = **34°C**

5. Calcolo della superficie raffrescante:

x = - 4 x 43 x 40,1 = **6897.2 Wh**

a questo punto posso calcolare I Wattora da eliminare mediante il raffrescamento.

Wh sottrarre = 7246.32 – 6897.2 = **14143.52 Wh**

Dal momento che il guadagno termico estivo è espresso in Wh, devo trasformare nella medesima unità di misura anche la resa del pannello, stimata in 100W/mq:

A pannello = 14143.52/100 x24 **= 5.9 mq**

- **APPARTAMENTO C**

1. Guadagno diretto

Vetrata della serra:

| TIPO VETRATA | ORIENTAMENTO | AREA | It (Wh/ Mq) | FATT. RIDUZ. | It (RIDOTTO) | GUADAGNO TERMICO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SERRA | S-O | 1.6 | 3150 | 0.36 | 1134 | 1814.4 |
| | O | 2.35 | 3360 | | 1209.6 | 955.98 |
| | S-O | 2.9 | 3150 | | 1134 | 3288 |
| TOTALE | | | | | | **6059** |

Tab. 46 – Guadagno termico solare estivo attraverso la serra dell'appartamento C (terzo piano)

2. Guadagno da serra addossata

→ DA TABELLA: Percentuale da aggiungere al totale ottenuto: 41%

HG = 6059 x 0,41 = **2848.18 Wh giorno**

3. Guadagno totale:

Dal momento che lo spazio è riscaldato sia con il metodo diretto che con quello dell'accumulo, per ottenere l'effettivo carico termico ad esso inerente, è sufficiente sommare i due apporti:

HG tot = 6059 + 2848.18 = **8543.18 Wh**

4. Calcolo della temperatura interna dell'ambiente:

HG sp = (8543.18 Wh/43 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 22.8 °C = **27.8°C**

HG sp = (8543.18 Wh/43 mq x 40,1 Wh/giorno mq °C) + 30 °C = **35°C**

5. Calcolo della superficie raffrescante:

x = - 4 x 43 x 40,1 = **6897.2 Wh**

a questo punto posso calcolare I Wattora da eliminare mediante il raffrescamento.

Wh sottrarre = 8543.18 – 6897.2 = **15440.38 Wh**

Dal momento che il guadagno termico estivo è espresso in Wh, devo trasformare nella medesima unità di misura anche la resa del pannello, stimata in 100W/mq:

A pannello = 15440.38/100 x24 **= 6.4 mq**

### *4.4.5 – Dimensionamento dell'impianto di riscaldamento e raffrescamento*

Alla luce dei risultati ottenuti con il calcolo dei guadagni termici invernali ed estivi, appare chiaro come la presenza di un impianto di riscaldamento e raffrescamento sia necessario per fronteggiare le condizioni climatiche più svantaggiose ai fini del comfort interno degli ambienti. In particolare i problemi più ingenti si verificano in corrispondenza della stagione estiva, con un carico termico da abbassare notevolmente. Il dimensionamento del sistema unico di riscaldamento/raffrescamento è stato quindi condotto a partire dalle necessità emerse per questa stagione dell'anno, quella in cui l'impianto stesso sarà maggiormente sollecitato e portato a lavorare ai massimi regimi. Collegato alla superficie dei tubi che serve per mantenere la temperatura interna su valori accettabili (tra 24 e 26°C, considerando che questo tipo di impianto garantisce con temperature interne leggermente più alte di quelle standard le medesime condizioni di comfort), è il sistema di collettori solari che serve per alimentare il gruppo refrigerante ad assorbimento (per il raffrescamento) così come per il riscaldamento in inverno.

DATI:
- Giornata media di insolazione mese di Giugno, a Como: **800 W/mq al giorno**
- Rendimento dei collettori solari: **0,5**
- COP del gruppo refrigerante: **0,6**

- Fabbisogno della macchina per il raffrescamento: **20 W/mq**
- Metri quadrati da raffrescare: **1400 mq**

**Calcolo del fabbisogno totale:**

1400 mq x 20 W/mq = **28000 W**

La macchina refrigerante deve coprire questo fabbisogno: il gruppo refrigerante WFC 10 ha una potenza di 34.9 kW, pari a 34900 W, ossia superiore ai 28000 W necessari per il funzionamento a pieno regime dell'impianto.

**Rendimento del gruppo refrigerante:**

35 kW/0.6 = **58 kW**

**Calcolo della superficie di collettori solari necessaria al funzionamento della macchina refrigerante:**

58 kW/0,4 kW/mq = **145 mq**

A questa superficie va aggiunta quella necessaria per coprire il fabbisogno di acqua calda sanitaria, calcolato in **1 mq/persona**. Essendo le persone insediabili nel complesso edilizio 38, il totale dei collettori solari, da posizionarsi in copertura, con un angolo di tilt pari a 0° sarà:

145 mq + 38 mq = **183 mq**

| RISCALDAMENTO A PANNELLI A PARETE | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PIANO | APPARTAMENTO | LOCALE | AREA (mq) | AREA RISC. (mq) | DISPERSIONI | RESA (W) |
| 1° PIANO | A | SALA | 31.74 | 22 | 1042.56 | 2200 |
| | | CUCINA | 10.8 | 5.5 | 373.82 | 550 |
| | | CAMERA1 | 16.65 | 18.3 | 453 | 1830 |
| | | CAMERA2 | 15.6 | 14 | 296.6 | 1400 |
| | | BAGNO | 6.2 | 6.6 | 410.17 | 660 |
| | B | SALA | 25.4 | 24 | 94.5 | 970.185 |
| | | CAMERA1 | 14 | 12.3 | 88 | 317.63 |
| | | CAMERA2 | 18 | 13.2 | 73 | 824.625 |
| | | BAGNO | 6.5 | 6 | 92 | 407.96 |
| | C | SALA/K | 39 | 27.2 | 1706.2 | 2720 |
| | | CAMERA1 | 15.7 | 12.3 | 371.88 | 1230 |
| | | CAMERA2 | 15 | 14.4 | 0 | 1440 |
| | | BAGNO1 | 7.5 | 8.5 | 466.9 | 850 |
| | | BAGNO2 | 5.56 | 7.2 | 0 | 720 |
| | D | SALA | 23 | 18.9 | 797.995 | 1890 |
| | | CAMERA1 | 15 | 13.65 | 353.195 | 1365 |
| | | CAMERA2 | 10.4 | 13.2 | 403.375 | 1320 |
| | | BAGNO | 5.7 | 3.8 | 363.57 | 380 |
| | | CUCINA | 3.9 | 6 | 167.65 | 600 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2°PIANO | A1 | BAGNO | 3.95 | 4.25 | 282.675 | 425 |
| | | CAMERA1 | 15.4 | 13.75 | 432.32 | 1375 |
| | | SALA | 20.89 | 15.75 | 638.64 | 1575 |
| | A2 | SALA | 31.27 | 23.65 | 1366.6 | 236.5 |
| | | BAGNO | 7.58 | 6.75 | 517.39 | 675 |
| | B | BAGNO | 6.46 | 4.5 | 407.61 | 450 |
| | | CAMERA1 | 14.01 | 13.75 | 290.35 | 1375 |
| | | CAMERA2 | 18.46 | 15 | 266.3 | 1500 |
| | | SALA | 25.14 | 25 | 557.84 | 2500 |
| | C | BAGNO1 | 7.5 | 7 | 466.9 | 700 |
| | | CAMERA1 | 15.67 | 10.5 | 371.9 | 1050 |
| | | BAGNO2 | 3.14 | 5.5 | 0 | 550 |
| | | CAMERA2 | 14.32 | 15.5 | 0 | 1550 |
| | | SALA/K | 29.69 | 15 | 1348.78 | 1500 |
| | D | BAGNO | 5.67 | 5.5 | 97 | 363.57 |
| | | CAMERA1 | 15.05 | 10.5 | 67.7 | 353.82 |
| | | CAMERA2 | 10.36 | 10 | 96.5 | 355.6 |
| | | SALA | 23.14 | 17 | 73.4 | 1107.11 |
| | | CUCINA | 6.93 | 5.25 | 75.75 | 271.44 |
| 3° PIANO | B1 | BAGNO | 7.5 | 6.25 | 466.9 | 625 |
| | | CAMERA | 15.67 | 10.5 | 371.905 | 1050 |
| | B2 | SALA | 28.4 | 21.5 | 1172.43 | 2150 |
| | | BAGNO | 14.25 | 7.5 | 0 | 750 |
| | | CAMERA | 3.05 | 7 | 0 | 700 |
| | C1 | BAGNO | 7.5 | 6.25 | 466.9 | 625 |
| | | CAMERA | 15.67 | 10.5 | 371.905 | 1050 |
| | C2 | SALA | 28.4 | 21.5 | 1172.43 | 2150 |
| | | CAMERA | 14.25 | 7.5 | 0 | 750 |
| | | BAGNO | 3.05 | 7 | 0 | 700 |

Tab. 47 – Riepilogo della superficie di pannelli radianti necessaria per il riscaldamento e il raffrescamento di ogni singolo ambienti dei dieci appartamenti che compongono l'insediamento residenziale.

### *4.4.6 – Dimensionamento dell'impianto fotovoltaico*

CALCOLO DELLA POTENZA DI PICCO DA INSTALLARE:

$$\mathbf{P = (carico\ giornaliero/h_{eq}) \times (1/\rho)}$$

Dove
P = Potenza di picco (KWp) necessaria per coprire per intero il fabbisogno familiare.
Carico giornaliero = Fabbisogno giornaliero: **8,5 KWh/giorno**
$h_{eq}$= N° ore di sole equivalenti (numero delle ore, con irraggiamento di 1 KW/ mq, si ottiene la stessa energia di quella nelle condizioni reali di soleggiamento): **3,6 KWh/m$^2$ giorno**
ρ = Efficienza BOS (Balance of System) = **85%**

P = (8,5/3,6) x (1/0,85) = **2,78 KWp**

CALCOLO DELLE DIMENSIONI DELL'IMPIANTO

**Calcolo dell'energia prodotta giornaliera**

**Eg = Ng x Ag x H**

Eg = Energia prodotta giornaliera
Ng = Rendimento di conversione dell'impianto (per le cellule al silicio policristallino = **6%)**
Ag = Superficie dei moduli fotovoltaci: 1 mq
H = Radiazione solare incidente sul piano dei moduli (Wh/mq al giorno): per la zona di Como è stata calcolata in circa **200 Wh/mq** (calcolato per il periodo estivo, in luglio)

Eg = 6% x 1 mq x 200 Wh/mq = **12 Wh/giorno** (a pannello)

**Calcolo della superficie minima dei moduli**

**Agmin = Ec/Ng x H**

Agmin = Area minima dei moduli fotovoltaici
Ec = Eg = Energia prodotta giornaliera
Ng = Rendimento di conversione dell'impianto (6%)
H = Radiazione solare incidente sul piano dei moduli (200 Wh/mq)

Agmin = 12 Wh / 6% x 200 Wh/mq = **1 mq**

**Pg = Nmod x Agmin x 1000**

Pg = Potenza di picco del generatore fotovoltaico (Wp)
Nmod = Rendimento di conversione dei moduli fotovoltaici (si assume per il silicio policristallino un valore indicativo di 11%)
Agmin = Area minima dei moduli

Ogni pannello da 1 mq (forma triangolare) ha una potenza di 69 Wp. I moduli installabili nelle vetrate della serra dell'appartamento considerato sono 30:

Potenza totale dell'impianto (30 moduli) = 18 x 69 Wp = 2070 Wp → circa **2 KWp**

Per coprire l'intero fabbisogno giornaliero servivano 2,78 KWp. Tale impianto copre dunque il **72%** del fabbisogno.

### *4.4.7 – Risparmio ottenuto grazie all'uso delle tecnologie*

Dopo aver dimensionato gli impianti finalizzati a ridurre o il consumo energetico dell'edificio progettato, è possibile verificare anche i vantaggi, economici ed ambientali che essi comportano. Questi infatti sono i migliori indicatori delle effettive potenzialità di tali tecnologie in un contesto residenziale, soprattutto alla luce delle difficoltà oggettive che hanno sempre rallentato la loro diffusione nell'edilizia diffusa. Inoltre i risultati positivi confermano la bontà delle scelte effettuate in sede progettuale, legittimandole. Per ottenere risultati il più possibile precisi, i calcoli sono stati effettuati per ciascuna tecnologia, fermo restando la necessità di guardare il progetto nella sua globalità e sottolineando la totale sinergia delle diverse tecnologie e delle scelte morfo-tipologiche che costituiscono e caratterizzano il progetto, e preventivate già in fase euristica.

### *4.4.7.1 – Risparmio dovuto all'impianto fotovoltaico*

**Calcolo del risparmio di energia elettrica**

Sulla base dei dati raccolti precedentemente sulla produttività dell'impianto fotovoltaico, è possibile stimare in termini economici il guadagno garantito da quest'ultimo, con una previsione anche dei tempi necessari al rientro dei costi iniziali d'investimento. Ai fini dei calcoli è stato considerato un impianto standard, relativo ad un appartamento tipo.

Per il calcolo si assumono i seguenti dati:
Fabbisogno annuo: **3000 KWh/anno**
Quantità di energia elettrica coperta dall'impianto fotovoltaico: **2160 KWh/anno**
Quantità di energia elettrica da acquistare dal gestore nazionale**: 840 KWh/anno**
Costo di 1 KWh acquistato dal gestore**: 0,18 €**
Costo dell'impianto (IVA esclusa): 8000 €/KWp: **16000 €**
IVA 10%: **1600 €**

Detrazione dovuta al finanziamento regionale (Regione Lombardia) legato al programma "10000 tetti fotovoltaici" (**75%** del costo dell'impianto): **11200 €**

Quota a carico del proprietario dell'impianto: 4800 € + 1600 € = **6400 €**
Detrazione IRPEF (36%) : 6400 – 2304 = **4096 €**

Costo dell'elettricità in un anno: 3000 KWh x 0,18 €/KWh = **540 €**
Costo dovuto in base ai KWh acquistati dal gestore: 840 KWh x 0,18 €/KWh = **151,2 €**

RISPARMIO IN UN ANNO: 540 – 151,2 = **388,8 €**

Periodo di ammortamento dell'impianto: 4096/388,8 = **10,5 anni**

Va inoltre considerata la vita media dell'impianto, che attualmente si attesta tra i 25 e i 30 anni, e la possibilità di ridurre i tempi di rientro del capitale investito grazie alla vendita all'ENEL del surplus di energia prodotta durante i mesi estivi.

**Calcolo del risparmio ambientale**

Per considerare l'insediamento residenziale progettato "sostenibile" è necessario quantificare in termini ambientali il risparmio energetico ottenuto grazie alle scelte progettuali. In questo senso si prende in considerazione principalmente l'apporto dei sistemi solari attivi (impianto fotovoltaico e a pannelli solari) e misti (la serra), leggendolo come risparmio di combustibile e $CO_2$, visti quali principali agenti inquinanti, immessi nell'atmosfera.

Si assumono come valori:

- **0,25 Kg di olio** combustibile risparmiato per ogni KWh a utente
- **0,7 Kg di $CO_2$** non immesso nell'atmosfera per ogni KWh a utente.
- **30 anni** = periodo di vita media di un impianto fotovoltaico

Calcolo dei kWh prodotti annualmente dall'impianto:

4320 Wh x 18 = 77760 Wh/anno **= 77.760 KWh/anno**

Calcolo dei kWh prodotti dall'impianto durante la sua vita:

77.760 x 30 anni = **2332.8 KWh**

Risparmio di olio combustibile: 2332.8 x 0.25 kg = **583.2 kg di olio combustibile** a impianto
Risparmio di anidride carbonica : 2332.8 x 0.7 kg = **1633 Kg di $CO_2$**

### *4.4.7.2 – Risparmio dovuto all'impianto a pannelli solari*

In questo paragrafo vengono calcolati tutti i tipi di risparmio relativi all'utilizzo dei pannelli solari piani posti in copertura, in particolare per quanto riguarda il riscaldamento e il raffrescamento (quindi anche il funzionamento della macchina refrigerante ad assorbimento), e l'acqua calda sanitaria. All'interno del calcolo relativo al riscaldamento è stato inserito quanto garantito dalla serra, vista la stretta ed inscindibile relazione che lega quest'ultima all'impianto solare. Anche in questo caso, come precedentemente per l'impianto fotovoltaico, i calcoli sono stati effettuati sull'appartamento tipo e possono poi essere estesi agli altri appartamenti.

**Calcolo del risparmio di acqua calda sanitaria**

I pannelli solari, dimensionati in base al fabbisogno estivo di raffrescamento (problema più ingente) permettono di coprire circa l'80% delle necessità di una famiglia standard di quattro persone, ossia l'utenza tipo degli appartamenti progettati. Questa percentuale è stata stimata sulla base dei dati forniti dal produttore e di esperti di fisica tecnica, tenendo presente il carico che tali pannelli devono sostenere per garantire il riscaldamento o il raffrescamento degli ambienti. A questo proposito, essi si stima riescano a coprire circa il 40% del fabbisogno di riscaldamento.

Fabbisogno giornaliero di acqua calda a persona: **50-60 litri**
Spesa media per una famiglia di 4 persone: 390 €/anno

Risparmio dovuto alla produzione di acqua calda da collettore:

390 € x 80% = **312 €**

Spesa da pagare all'ente:

**390 – 312 =** 78 €

RISPARMIO TOTALE DI METANO PER ACQUA CALDA SANITARIA: **312 €**

**<u>Calcolo del risparmio di riscaldamento</u>**

**CONTRIBUTO DELLA SERRA**

Per quanto riguarda il guadagno termico invernale si rimanda al paragrafo 4.4.3.

Dati:
Superficie dell'appartamento riscaldata dalla serra: 38 mq (sala) + 14 mq (camera) = **52 mq**
(la serra dunque riesce a coprire circa il **50%** della superficie da riscaldare)
Energia necessaria all'anno per riscaldare tutto l'appartamento: **8400 KWh/anno**
Energia fornita dalla serra: **4200 KWh/anno**
Costo 1 KWh fornito dal gas metano: **0,12 €**
Riscaldamento che può essere coperto dai collettori: 8400 kWh/anno x 50% = **4200 kWh/anno**
Spesa media annua prevista: 8400 kWh/anno x 0,12 €/kWh = **1008 €**
Spesa coperta dalla serra: 4200 kWh/anno x 0,12 €/kWh = **504 €**
Spesa coperta dai collettori solari: 4200 kWh/anno x 0,12 €/kWh = **504 €**

RISPARMIO TOTALE DI METANO PER RISCALDAMENTO Serra + Collettore:

504 €+ 504 € = **1008 €**

**Calcolo del risparmio per il raffrescamento**

Il calcolo per il raffrescamento viene effettuato mediante un confronto con un sistema di condizionamento tradizionale che garantisce gli stessi risultati dell'impianto progettato per l'insediamento. In particolare si considera un condizionatore in grado di raffrescare una stanza alla volta.

Dati:
Consumo medio di un condizionatore d'aria tradizionale: **2 kWh**
Ore di utilizzo dell'impianto in estate: **10 ore**
Consumo totale al giorno del condizionatore tradizionale: **20 kWh**
Consumo annuo del condizionatore tradizionale (3 mesi estivi): **1800 kWh**
Costo di un 1 kWh acquistato dal gestore nazionale: **0,18 €**
Costo annuo del funzionamento del condizionatore tradizionale: **324 €**

Considerando che il sistema di raffrescamento a pannelli radianti sostituisce integralmente un condizionatore tradizionale, il risparmio economico derivante da questa scelta è pari a quanto prima calcolato:

RISPARMIO PER RAFFRESCAMENTO: **324 €**

RISPARMIO TOTALE (acqua calda + riscaldamento + raffrescamento): 1008+312 +324 = **1644 €**

**<u>Calcolo dei tempi di ritorno dell'investimento:</u>**

Ai fini di ottenere i tempi di ritorno dell'investimento, vengono considerati i costi dei collettori solari completi di installazione e della macchina refrigerante ad assorbimento ad essi collegata per il raffrescamento estivo degli ambienti.

Dati:
Costo della macchina refrigerante: circa **36000 €**
Numero degli appartamenti (di circa 100 mq ciascuno): **10**
Numero di negozi di circa 100 mq: **1**
Numero di negozi di circa 200 mq: **2**
Costo dei collettori (posa in opera compresa): **350 €/mq**

Considerando un totale di 13 unità abitative tra cui suddividere la spesa, il costo del solo gruppo refrigerante è:

36000 €/13 = **2770 €**

Costo totale dei collettori solari (IVA esclusa):

350 €/mq x 183 mq = **64000 €**

IVA 10% = **6400 €**
Finanziamento Regione Lombardia: **25%**
Quota coperta dal finanziamento: 64000 x 25% = **16000 €**
Quota a carico del proprietario (+ IVA): 64000 – 16000 = 48000 + 6400 = **54400 €**
Detrazione IRPEF 36% = **19584 €**
Costo netto: 54400 €– 19584 € = **34816 €**

Costo dei collettori per ogni unità abitativa: **34816 €/13 = 2678 €**

Costo collettori + macchina refrigerante: 2678 € + 2770 € = **5448 €**

Periodo di ammortamento dell'impianto: 5448 € / 1644 € = **3.3 anni**

Ai fini del risparmio energetico ha contribuito molto la stessa vetrata che costituisce la serra, progettata con vetri selettivi. Anche per questo tipo di tecnologia è stato calcolato, sulla base del risparmio di riscaldamento da essa garantito, il periodo di ammortamento. È stato preso in considerazione l'appartamento tipo, con la superficie vetrata massima, dunque per estensioni vetrate minori è possibile prevedere un rientro dei costi d'investimento ancora minore.

Costo vetrata basso-emissiva: Circa **80 €/mq**
Superficie da coprire: **88 mq**
Costo totale = 88 mq x 80 €/mq = **7040 €**
Risparmio di riscaldamento: **504 €/anno**

Periodo di ammortamento: 7040 €/504 € = **14 anni**

**4.4.8 – Conclusioni**

Alla luce dei risultati ottenuti dopo i calcoli sul risparmio garantito dalle tecnologie integrate, si può affermare come queste costituiscano un importante strumento di risparmio energetico e di controllo ambientale. Grazie ai finanziamenti stanziati dalla Regione Lombardia per la promozione e la diffusione su larga scala (ed in particolare nel comparto edilizio residenziale) delle tecnologie attive esiste anche un buon margine di risparmio economico, che le rende vantaggiose anche per il singolo utente (previa,

ovviamente, corretta progettazione sin dalle fasi euristiche di elaborazione del progetto). Si sfata così l'idea della non competitività di sistemi solari avanzati, come il fotovoltaico integrato o i collettori solari.

Questo risultato può e vuole essere un incentivo da una parte ad architetti e progettisti per valutare meglio le effettive potenzialità di queste tecnologie, dall'altra un invito alle amministrazioni comunali ad intraprendere con maggiore consapevolezza ed impegno il difficile cammino verso la diffusione capillare sul territorio di strumenti in grado di non costituire un danno per l'ambiente. Questo è possibile solo mediamente l'istituzione di programmi di finanziamento come quelli finora erogati, finché le leggi di mercato e l'affermazione di tali strumenti non ne permettano l'abolizione con l'abbassamento dei costi.
Infine la prova dei vantaggi derivanti dalla progettazione di un'architettura sostenibile grazie alle tecnologie e alle tecniche utilizzate dovrebbe scuotere le coscienze degli utenti, rendendoli maggiormente responsabili e consapevoli del valore aggiunto che queste conferiscono all'edificio stesso e del fatto che la loro competitività economica va calcolata durante l'intero arco di vita dell'edificio, e non esclusivamente sui costi iniziali, recuperati con dei margini di guadagno negli anni successivi.

---

Note

(1) Altri 43.000 abitanti circa sono concentrati nei 12 Comuni di quella che viene considerata "area metropolitana ristretta" o di "prima fascia", e altri 45.000 abitanti circa sono tra Chiasso e Mendrisio, per un totale (insieme agli abitanti di Como) di circa 180.000 abitanti.
(2) Le tabelle sono state desunte dal Piano Energetico Provincia di Como, steso dal Punto Energia nel 2001. Le tabelle sono tratte nell'ordine dalle pagine: 33, 34, 34, 35.
(3) Il PCIS è stato progettato dallo Studio di Dubosc & Landowsi ed utilizzato nel complesso residenziale di Rue des Taillées, a Saint-Martin d'Héres, realizzato nel 1996. Questo tipo di solaio garantisce le prestazioni di un solaio tradizionale, ossia sopporta e trasmette i carichi orizzontali, funge da controvento, protegge dal fuoco, isola termicamente e acusticamente, è impermeabile all'acqua e permette il passaggio di reti e cavi ed equipaggiamenti tecnici. A differenza di una soluzione tradizionale il PCIS, posato a secco e quindi messo in opera con grande rapidità, ha una notevole leggerezza e uno spessore notevolmente inferiore.
(4) L'Atelier nacque il 1° gennaio 1985, specializzato in creazione e progettazione di sistemi costruttivi compositi leggeri a base di acciaio e alluminio, lane minerali e lastre di gesso prefabbricate. In particolare negli ultimi anni lo studio di Dubosc e Landowski ha approfondito la tematica dello sviluppo della residenza a basso costo, con ottimi risultati anche in campo tipologico, estetico e tecnologico.

## BIBLIOGRAFIA

### *Monografie*

AA.VV.,
(1997) *Manuale tecnico del vetro*, Saint Gobain vetro Italia, Milano.

Aste Niccolò,
(2002) *Il fotovoltaico in architettura: l'integrazione dei sistemi a energia solare negli edifici*, SE, Napoli.

Barra Orazio A.,
(1981) *La conversione fototermica dell'energia solare: progettazione e ricerca di impianti e sistemi solari*, Etas Libri, Milano.

Bruno Stefano,
(1999) *Manuale di architettura per la progettazione bioclimatica e la bioedilizia : per progettare e costruire edifici sani e vivibili,* Il sole-24ore, Milano.

Buccino Gianpaolo,
(2001) *L'acciaio. Elementi strutturali e particolari costruttivi*, Librerie Dedalo, Roma.

Burberry Peter,
(1978) *Building for energy conservation*, Halsted Press Division John Wiley & Sons, New York. (tr. it. di Girolamo Mancuso, *La progettazione del risparmio energetico*, Franco Muzzio, Padova, 1979).

DeSautel Jacques,
(1979) *Les Capteurs Heliothermique*, Edisud, Aix-en-Provence (tr. It. Di Paolo Cella, *I pannelli solari: calcoli e dimensionamento*, Longanesi, Milano, 1980).

Grosso Mario,
(1997) *Il raffrescamento passivo degli edifici: concetti, precedenti architettonici, criteri progettuali, metodi di calcolo e casi di studio*, Maggioli, Rimini.

Magrini Anna, Ena Daniela,
(2002) *Tecnologie solari attive e passive: pannelli fotovoltaici e applicazioni integrate in edilizia*, EPC Libri, Roma.

Marzia Edward,
(1979) *The Passive Solar Energy Book*, Rodale Press, Emmaus, PA. (tr. it. di Girolamo Mancuso, *Sistemi solari passivi*, Franco Muzzio, Padova, 1980)

Mura Gianluca, Logora Alessandro,
(1998) *La progettazione bioclimatica con il software DESA. Valutazione del comportamento ambientale dell'edificio. Analisi del comfort termico e luminoso, fabbisogni energetici, verifiche di legge e livello di benessere degli abitanti*, Hoepli, Milano.

Serra Florensa Rafael, Coch Roura Helena,

(1995) *Arquitectura y energia natural*, Edicions UPC - Universitat Politecnica de Catalunya (tr. It. Di Gianni Scudo e Alessandro Rogora, *L'energia nel progetto di architettura*, Città Studi edizioni, Milano, 1997)

Wright David,
(1981) *Natural solar architecture*, Litton Educational Publishing Inc., New York (tr. It. di Girolamo Mancuso, *Abitare con il sole : abc della climatizzazione naturale*, Franco Muzzio, Padova).

**Riviste**

Rosevich Sabrina,
(2001) "Fotovoltaico: applicazioni e studi", *Nuova Finestra. Serramenti e componenti per l'edilizia,* n. 11, novembre, 123-125.

***Siti***

http://www.corrierecomo.it/idx_AltriServizi.cfm?serv=storico

http://www.comune.como.it

# 5

# CONCLUSIONI

## 5.1 – Conclusioni

Il lavoro di ricerca ha preso avvio dalla considerazione che il settore residenziale in architettura è ancora quello che incide maggiormente sul totale dei consumi energetici in Italia ed in Europa. Pochi infatti sono ancora oggi gli edifici sostenibili realizzati, e gli strumenti in grado di permettere il salto di qualità necessario per dare una svolta al modo di progettare, spesso causa di questa lacuna, sono raramente impiegati nell'edilizia diffusa. Tuttavia qualcosa sembra si stia muovendo in questa direzione, tanto da far rilevare un'inversione di rotta in atto principalmente nei Paesi Nordeuropei, che fa sottintendere come nei prossimi decenni proprio la residenza potrebbe configurarsi come il terreno fertile per la ricerca tecnologica in merito al risparmio energetico e alla sostenibilità, sospinta anche e soprattutto da necessità pratiche ed etiche.

Il progetto di una residenza sostenibile e attenta al risparmio energetico costituisce a questo proposito un esempio che dimostra la concreta possibilità di ottenere vantaggi sia in termini economici che ambientali integrando le tecnologie più innovative con scelte di tipo morfologico e tipologico, oltre che di orientamento, progettandole sin dalla fase euristica. In particolare la sostenibilità ambientale del progetto si concretizza nella cospicua riduzione dei consumi energetici (in condizioni climatiche favorevoli si può arrivare alla autosufficienza energetica), che si traduce nella non immissione nell'atmosfera di anidride carbonica ed agenti inquinanti, risultato delle funzioni base di un edificio residenziale: riscaldamento, raffrescamento (ai nostri climi è ormai diventato indispensabile), produzione di acqua calda e di energia elettrica.
A questo fine è stato necessario, oltre che molto utile, appoggiarsi alle normative e agli strumenti attuativi : questi infatti sono stati appositamente strutturati per favorire la diffusione di esempi di architettura sostenibile, attraverso incentivi di tipo economico – finanziamenti a fondo perduto – o suggerimenti sulle tecnologie più indicate. In particolare non sarebbe stato conveniente l'inserimento dell'impianto fotovoltaico o dei collettori solari senza il contributo erogato dalla Regione Lombardia attraverso appositi bandi, che ha permesso di stimare in pochi anni i tempi di ritorno dell'investimento, unico vero ostacolo alla diffusione su larga scala di queste tecnologie, e motivo del loro scarso utilizzo in interventi residenziali dove l'aspetto economico pesa più che in altri settori di architettura.

Non bisogna però trascurare l'importanza assunta dall'interazione di questi sistemi innovativi per il risparmio della risorsa energetica con scelte di tipo progettuale, quali senza dubbio la morfologia e l'orientamento del complesso, pensati per ottimizzare i vantaggi derivanti dall'uso del sole in quanto fonte energetica privilegiata nonché gratuita: la presenza della serra, oltre a costituire un elemento fondamentale nel raggiungimento dell'obiettivo secondario della flessibilità degli appartamenti, garantisce guadagni termici tali da coprire gran parte del fabbisogno di riscaldamento degli stessi. Questo anche grazie alla forma, appositamente studiata per seguire il percorso del sole,

garantire illuminazione e aerazione adeguate a tutti gli alloggi e schermare i raggi solari più insidiosi.

Ai fini dunque del controllo ambientale ed energetico è fondamentale agire contemporaneamente su tutti i fronti, morfologico, strutturale, tipologico oltre che tecnologico, non demandando esclusivamente ai prodotti della ricerca più avanzata il raggiungimento dell'obiettivo finale: solo infatti controllando tutte queste variabili è possibile coniugare il tema della sostenibilità a quello dell'estetica progettuale più vicina al progettista, realizzando forme anche molto complesse, ad esempio superfici vetrate curve come nel caso delle bolle progettate, che, a dispetto di quanto sembra, possono essere appunto "sostenibili".

## 6

## ALLEGATI

### 6.1 – Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002

**DIRETTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia (pubblicata nella Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee n. L1 del 4 gennaio 2003)**

IL PARLAMENTO EUROPEO E IL CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA,

visto il trattato che istituisce la Comunità europea, in particolare l'articolo 175, paragrafo 1,
vista la proposta della Commissione (1),
visto il parere del Comitato economico e sociale (2),
visto il parere del Comitato delle regioni (3),
deliberando secondo la procedura di cui all'articolo 251 del trattato (4),

considerando quanto segue:

(1) Ai sensi dell'articolo 6 del trattato, le esigenze connesse con la tutela dell'ambiente devono essere integrate nella definizione e nell'attuazione delle politiche e azioni comunitarie.
(2) Le risorse naturali, alla cui utilizzazione accorta e razionale fa riferimento l'articolo 174 del trattato, comprendono i prodotti petroliferi, il gas naturale e i combustibili solidi, che pur costituendo fonti essenziali di energia sono anche le principali sorgenti delle emissioni di biossido di carbonio.
(3) L'aumento del rendimento energetico occupa un posto di rilievo nel complesso delle misure e degli interventi necessari per conformarsi al protocollo di Kyoto e dovrebbe far parte integrante anche dei pacchetti di proposte volte ad assolvere agli impegni assunti in altre sedi.
(4) La gestione del fabbisogno energetico è un importante strumento che consente alla Comunità di influenzare il mercato mondiale dell'energia e quindi la sicurezza degli approvvigionamenti nel medio e lungo termine.
(5) Nelle conclusioni del 30 maggio 2000 e del 5 dicembre 2000 il Consiglio ha approvato il piano d'azione della Commissione sull'efficienza energetica ed ha richiesto interventi specifici nel settore dell'edilizia.
(6) L'energia impiegata nel settore residenziale e terziario, composto per la maggior parte di edifici, rappresenta oltre il 40 % del consumo finale di energia della Comunità. Essendo questo un settore in espansione, i suoi consumi di energia e quindi le sue emissioni di biossido di carbonio sono destinati ad aumentare.
(7) La direttiva 93/76/CEE del Consiglio, del 13 settembre 1993, intesa a limitare le emissioni di biossido di carbonio migliorando l'efficienza energetica (SAVE) (5), che impone agli Stati membri di elaborare, attuare e comunicare i programmi per il rendimento energetico nel settore dell'edilizia, ha iniziato a produrre notevoli

benefici. Si avverte tuttavia l'esigenza di uno strumento giuridico complementare che sancisca interventi più concreti al fine di realizzare il grande potenziale di risparmio energetico tuttora inattuato e di ridurre l'ampio divario tra le risultanze dei diversi Stati membri in questo settore.

(8) Ai sensi della direttiva 89/106/CEE del Consiglio, del 21 dicembre 1988, relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri concernenti i prodotti da costruzione (6), l'edificio ed i relativi impianti di riscaldamento, condizionamento ed aerazione devono essere progettati e realizzati in modo da richiedere, in esercizio, un basso consumo di energia, tenuto conto delle condizioni climatiche del luogo e nel rispetto del benessere degli occupanti.

(9) Le misure per l'ulteriore miglioramento del rendimento energetico degli edifici dovrebbero tenere conto delle condizioni climatiche e locali, nonché dell'ambiente termico interno e dell'efficacia sotto il profilo dei costi. Esse non dovrebbero contravvenire ad altre prescrizioni essenziali sull'edilizia quali l'accessibilità, la prudenza e l'uso cui è destinato l'edificio.

(10) Il rendimento energetico degli edifici dovrebbe essere calcolato in base ad una metodologia, che può essere differenziata a livello regionale, che consideri, oltre alla coibentazione, una serie di altri fattori che svolgono un ruolo di crescente importanza, come il tipo di impianto di riscaldamento e condizionamento, l'impiego di fonti di energia rinnovabili e le caratteristiche architettoniche dell'edificio. L'impostazione comune di questa analisi, svolta da esperti qualificati e/o accreditati, la cui indipendenza deve essere garantita in base a criteri obiettivi, contribuirà alla creazione di un contesto omogeneo per le iniziative di risparmio energetico degli Stati membri nel settore edile e introdurrà un elemento di trasparenza sul mercato immobiliare comunitario, a beneficio dei potenziali acquirenti o locatari dell'immobile.

(11) La Commissione intende sviluppare ulteriormente norme quali la EN 832 e la prEN 13790, anche per quanto riguarda i sistemi di condizionamento d'aria e l'illuminazione.

(12) Poiché gli edifici influiscono sul consumo energetico a lungo termine, tutti i nuovi edifici dovrebbero essere assoggettati a prescrizioni minime di rendimento energetico stabilite in funzione delle locali condizioni climatiche. A questo proposito le migliori prassi dovrebbero essere destinate ad un uso ottimale degli elementi relativi al miglioramento del rendimento energetico. Dato che in genere il potenziale dell'applicazione dei sistemi energetici alternativi non è analizzato in profondità, la fattibilità tecnica, ambientale ed economica dei sistemi energetici alternativi dovrebbe essere accertata una volta, ad opera dello Stato membro, mediante uno studio che indichi un elenco di misure di conservazione dell'energia, per condizioni medie di mercato locale, che soddisfino criteri relativi al rapporto costi/efficacia. Se la o le misure sono considerate fattibili, prima dell'inizio dei lavori possono essere necessari studi specifici.

(13) Per gli edifici che superano determinate dimensioni, la ristrutturazione importante dovrebbe essere considerata un'opportunità di migliorare il rendimento energetico mediante misure efficaci sotto il profilo dei costi. Ristrutturazioni importanti si hanno quando il costo totale della ristrutturazione connesso con le murature esterne e/o gli impianti energetici quali il riscaldamento, la produzione di acqua calda, il condizionamento d'aria, la ventilazione e l'illuminazione è superiore al 25 % del valore dell'edificio, escluso il valore del terreno sul quale questo è situato, o quando una quota superiore al 25 % delle murature esterne dell'edificio viene ristrutturata.

(14) Tuttavia, il miglioramento del rendimento energetico globale di un edificio esistente non implica necessariamente una completa ristrutturazione dell'edificio e potrebbe invece limitarsi alle parti che sono più specificamente pertinenti ai fini del rendimento energetico dell'edificio e che rispondono al criterio costi/efficienza.

(15) I requisiti di ristrutturazione per gli edifici esistenti non dovrebbero essere incompatibili con la funzione, la qualità o il carattere previsti dell'edificio. Dovrebbe essere possibile ricuperare i costi supplementari dovuti ad una siffatta ristrutturazione entro un lasso di tempo ragionevole rispetto alla prospettiva tecnica di vita degli investimenti tramite un maggiore risparmio energetico.

(16) Il processo di certificazione può essere accompagnato da programmi per agevolare un accesso equo al miglioramento del rendimento energetico, basato su accordi tra associazioni di soggetti interessati e un organismo designato dagli Stati membri e attuato da società di servizi energetici che accettano di impegnarsi a realizzare gli investimenti prestabiliti. I progetti adottati dovrebbero essere oggetto di sorveglianza e controllo da parte degli Stati membri che dovrebbero inoltre facilitare il ricorso a sistemi incentivanti. Per quanto possibile, l'attestato dovrebbe descrivere la reale situazione dell'edificio in termini di rendimento energetico e può essere riveduto di conseguenza. Gli edifici occupati dalle pubbliche autorità o aperti al pubblico dovrebbero assumere un approccio esemplare nei confronti dell'ambiente e dell'energia assoggettandosi alla certificazione energetica ad intervalli regolari. I relativi dati sulle prestazioni energetiche andrebbero resi pubblici affiggendo gli attestati in luogo visibile. Potrebbero inoltre essere affisse le temperature ufficialmente raccomandate per gli ambienti interni, raffrontate alle temperature effettivamente riscontrate, onde scoraggiare l'uso scorretto degli impianti di riscaldamento, condizionamento e ventilazione. Ciò dovrebbe contribuire ad evitare gli sprechi di energia e a mantenere condizioni climatiche interne confortevoli (comfort termico) in funzione della temperatura esterna.

(17) Gli Stati membri possono altresì avvalersi di altri mezzi/misure, non previsti dalla presente direttiva, per promuovere un rendimento energetico maggiore. Gli Stati membri dovrebbero incoraggiare una buona gestione energetica, tenendo conto dell'intensità di impiego degli edifici.

(18) Negli ultimi anni si osserva una crescente proliferazione degli impianti di condizionamento dell'aria nei paesi del sud dell'Europa. Ciò pone gravi problemi di carico massimo, che comportano un aumento del costo dell'energia elettrica e uno squilibrio del bilancio energetico di tali paesi. Dovrebbe essere accordata priorità alle strategie che contribuiscono a migliorare il rendimento termico degli edifici nel periodo estivo. Concretamente, occorrerebbe sviluppare maggiormente le tecniche di raffreddamento passivo, soprattutto quelle che contribuiscono a migliorare le condizioni climatiche interne e il microclima intorno agli edifici.

(19) La manutenzione regolare, da parte di personale qualificato, delle caldaie e degli impianti di condizionamento contribuisce a garantire la corretta regolazione in base alle specifiche di prodotto e quindi un rendimento ottimale sotto il profilo ambientale, energetico e della sicurezza. È bene sottoporre il complesso dell'impianto termico ad una perizia indipendente qualora la sostituzione possa essere presa in considerazione in base a criteri di efficienza sotto il profilo dei costi.

(20) La fatturazione, per gli occupanti degli edifici, dei costi relativi al riscaldamento, al condizionamento dell'aria e all'acqua calda, calcolati in proporzione al reale consumo, potrebbero contribuire ad un risparmio energetico nel settore residenziale. Gli occupanti dovrebbero essere messi in condizione di regolare il proprio consumo di calore ed acqua calda, in quanto tali misure siano economicamente proficue.

(21) Secondo i principi della sussidiarietà e della proporzionalità di cui all'articolo 5 del trattato, i principi generali e gli obiettivi della disciplina in materia di rendimento energetico devono essere fissati a livello comunitario, mentre le modalità di attuazione restano di competenza degli Stati membri, cosicché ciascuno di essi possa predisporre il regime che meglio si adatta alle sue specificità. La presente direttiva si limita al minimo richiesto e non va al di là di quanto necessario per il raggiungimento di tali obiettivi.

(22) Occorrerebbe prevedere la possibilità di un rapido adeguamento del metodo di calcolo e della revisione periodica da parte degli Stati membri delle prescrizioni minime nel campo del rendimento energetico degli edifici nei confronti del progresso tecnologico, per quanto riguarda, tra l'altro, le proprietà (o qualità) isolanti dei materiali di costruzione e dell'evoluzione futura degli standard.

(23) Le misure necessarie per l'attuazione della presente direttiva sono adottate secondo la decisione 1999/468/CE del Consiglio, del 28 giugno 1999, recante modalità per l'esercizio delle competenze di esecuzione conferite alla Commissione (7),

HANNO ADOTTATO LA PRESENTE DIRETTIVA:

## Articolo 1
## Obiettivo

L'obiettivo della presente direttiva è promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi.

Le disposizioni in essa contenute riguardano:

a) il quadro generale di una metodologia per il calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici;
b) l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione;
c) l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici esistenti di grande metratura sottoposti a importanti ristrutturazioni;
d) la certificazione energetica degli edifici, e l'ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento d'aria negli edifici, nonché una perizia del complesso degli impianti termici le cui caldaie abbiano più di quindici anni.

## Articolo 2
## Definizioni

Ai fini della presente direttiva valgono le seguenti definizioni:

1) «edificio»: una costruzione provvista di tetto e di muri, per la quale l'energia è utilizzata per il condizionamento del clima degli ambienti interni; il termine può riferirsi a un intero edificio ovvero a parti di edificio progettate o ristrutturate per essere utilizzate come unità abitative a sé stanti;
2) «rendimento energetico di un edificio»: la quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi, tra gli altri, il riscaldamento, il riscaldamento dell'acqua, il raffreddamento, la ventilazione e l'illuminazione. Tale quantità viene espressa da uno o più descrittori calcolati tenendo conto della coibentazione, delle caratteristiche tecniche e di installazione, della progettazione e della posizione in relazione agli aspetti climatici, dell'esposizione al sole e dell'influenza delle strutture adiacenti, dell'esistenza di sistemi di generazione

propria di energia e degli altri fattori, compreso il clima degli ambienti interni, che influenzano il fabbisogno energetico;

3) «attestato del rendimento energetico di un edificio»: un documento riconosciuto dallo Stato membro o da una persona giuridica da esso designata, in cui figura il valore risultante dal calcolo del rendimento energetico di un edificio effettuato seguendo una metodologia sulla base del quadro generale descritto nell'allegato;
4) «cogenerazione (generazione combinata di energia elettrica e termica)»: la produzione simultanea di energia meccanica o elettrica e di energia termica a partire dai combustibili primari nel rispetto di determinati criteri qualitativi di efficienza energetica;
5) «sistema di condizionamento d'aria»: il complesso di tutti i componenti necessari per un sistema di trattamento dell'aria in cui la temperatura è controllata o può essere abbassata, eventualmente in combinazione con il controllo della ventilazione, dell'umidità e della purezza dell'aria;
6) «caldaia»: il complesso bruciatore-focolare che permette di trasferire all'acqua il calore prodotto dalla combustione;
7) «potenza nominale utile (espressa in kW)»: la potenza termica massima specificata e garantita dal costruttore come potenza che può essere sviluppata all'acqua in regime di funzionamento continuo rispettando i rendimenti utili indicati dal costruttore;
8) «pompa di calore»: un dispositivo/impianto che sottrae calore a bassa temperatura dall'aria, dall'acqua o dal suolo e lo trasferisce all'impianto di riscaldamento di un edificio.

**Articolo 3**
**Adozione di una metodologia**

Gli Stati membri applicano a livello nazionale e regionale una metodologia di calcolo del rendimento energetico degli edifici sulla base del quadro generale di cui all'allegato. Le parti 1 e 2 di tale quadro sono adeguate al progresso tecnico secondo la procedura di cui all'articolo 14, paragrafo 2, tenendo conto dei valori o delle norme applicati nella normativa degli Stati membri.
Tale metodologia è stabilita a livello nazionale o regionale.

Il rendimento energetico degli edifici è espresso in modo trasparente e può indicare il valore delle emissioni di $CO_2$.

**Articolo 4**
**Fissazione di requisiti di rendimento energetico**

1. Gli Stati membri adottano le misure necessarie per garantire che siano istituiti requisiti minimi di rendimento energetico per gli edifici, calcolati in base alla metodologia di cui all'articolo 3. Nel fissare tali requisiti, gli Stati membri possono distinguere tra gli edifici già esistenti e quelli di nuova costruzione, nonché diverse categorie di edifici. Tali requisiti devono tener conto delle condizioni generali del clima degli ambienti interni allo scopo di evitare eventuali effetti negativi quali una ventilazione inadeguata, nonché delle condizioni locali, dell'uso cui l'edificio è destinato e della sua età. I requisiti sono riveduti a scadenze regolari che non dovrebbero superare i cinque anni e, se necessario, aggiornati in funzione dei progressi tecnici nel settore dell'edilizia.
2. I requisiti di rendimento energetico sono applicati a norma degli articoli 5 e 6.
3. Gli Stati membri possono decidere di non istituire o di non applicare i requisiti di cui al paragrafo 1 per le seguenti categorie di fabbricati:

- edifici e monumenti ufficialmente protetti come patrimonio designato o in virtù del loro speciale valore architettonico o storico, nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe un'alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto,
- edifici adibiti a luoghi di culto e allo svolgimento di attività religiose,fabbricati temporanei con un tempo di utilizzo previsto non superiore a due anni, siti industriali, officine ed edifici agricoli non residenziali a basso fabbisogno energetico, nonché edifici agricoli non residenziali utilizzati in un settore disciplinato da un accordo nazionale settoriale sul rendimento energetico, edifici residenziali destinati ad essere utilizzati meno di quattro mesi all'anno, fabbricati indipendenti con una metratura utile totale inferiore a 50 $m^2$.

**Articolo 5**
**Edifici di nuova costruzione**

Gli Stati membri provvedono affinché gli edifici di nuova costruzione soddisfino i requisiti minimi di rendimento energetico di cui all'articolo 4.
Per gli edifici di nuova costruzione la cui metratura utile totale supera i 1000 m2, gli Stati membri provvedono affinché la fattibilità tecnica, ambientale ed economica di sistemi alternativi quali:
- sistemi di fornitura energetica decentrati basati su energie rinnovabili,
- cogenerazione,
- sistemi di riscaldamento e climatizzazione a distanza (complesso di edifici/condomini), se disponibili,
- pompe di calore, a certe condizioni,sia valutata e sia tenuta presente prima dell'inizio dei lavori di costruzione.

**Articolo 6**
**Edifici esistenti**

Gli Stati membri provvedono affinché, allorché edifici di metratura totale superiore a 1000 $m^2$ subiscono ristrutturazionI importanti, il loro rendimento energetico sia migliorato al fine di soddisfare i requisiti minimi per quanto tecnicamente,funzionalmente ed economicamente fattibile. Gli Stati membri ricavano i requisiti minimi di rendimento energetico sulla base dei requisiti di rendimento energetico fissati per gli edifici a norma dell'articolo 4. I requisiti possono essere fissati per gli edifici ristrutturati nel loro insieme o per i sistemi o i componenti ristrutturati, allorché questi rientrano in una ristrutturazione da attuare in tempi ristretti, con l'obiettivo succitato di migliorare il rendimento energetico globale dell'edificio.

**Articolo 7**
**Attestato di certificazione energetica**

1. Gli Stati membri provvedono a che, in fase di costruzione, compravendita o locazione di un edificio, l'attestato di certificazione energetica sia messo a disposizione del proprietario o che questi lo metta a disposizione del futuro acquirente o locatario, a seconda dei casi. La validità dell'attestato è di dieci anni al massimo. La certificazione per gli appartamenti di un condominio può fondarsi:
- su una certificazione comune dell'intero edificio per i condomini dotati di un impianto termico comune ovvero
- sulla valutazione di un altro appartamento rappresentativo dello stesso condominio.

Gli Stati membri possono escludere le categorie di cui all'articolo 4, paragrafo 3, dall'applicazione del presente paragrafo.

2. L'attestato di certificazione energetica degli edifici comprende dati di riferimento, quali i valori vigenti a norma di legge e i valori riferimento, che consentano ai consumatori di valutare e raffrontare il rendimento energetico dell'edificio. L'attestato è corredato di raccomandazioni per il miglioramento del rendimento energetico in termini di costi-benefici. L'obiettivo degli attestati di certificazione è limitato alla fornitura di informazioni e qualsiasi effetto di tali attestati in termini di procedimenti giudiziari o di altra natura sono decisi conformemente alle norme nazionali.

3. Gli Stati membri adottano le misure necessarie a garantire che negli edifici la cui metratura utile totale supera i 1 000 m2 occupati da autorità pubbliche e da enti che forniscono servizi pubblici a un ampio numero di persone e sono pertanto frequentati spesso da tali persone sia affisso in luogo chiaramente visibile per il pubblico un attestato di certificazione energetica risalente a non più di dieci anni prima. Per i suddetti edifici può essere chiaramente esposta la gamma delle temperature raccomandate e reali per gli ambienti interni ed eventualmente le altre grandezze meteorologiche pertinenti.

**Articolo 8**
**Ispezione delle caldaie**

Al fine di ridurre il consumo energetico e i livelli di emissione di biossido di carbonio, gli Stati membri o:

a) adottano le misure necessarie per prescrivere ispezioni periodiche delle caldaie alimentate con combustibili liquidi o solidi non rinnovabili con potenza nominale utile compresa tra i 20 ed i 100 kW. Tali ispezioni possono essere effettuate anche su caldaie che utilizzano altri combustibili. Le caldaie la cui potenza nominale utile è superiore a 100 kW sono ispezionate almeno ogni due anni. Per le caldaie a gas, questo periodo può essere esteso a quattro anni. Per gli impianti termici dotati di caldaie di potenza nominale utile superiore a 20 kW e di età superiore a quindici anni, gli Stati membri adottano le misure necessarie per prescrivere un'ispezione una tantum dell'impianto termico complessivo. Sulla scorta di tale ispezione, che include una valutazione del rendimento della caldaia e del suo dimensionamento rispetto al fabbisogno termico dell'edificio, gli esperti forniscono alle utenze una consulenza in merito alla sostituzione della caldaia, ad altre modifiche dell'impianto termico o a soluzioni alternative; ovvero
b) adottano provvedimenti atti ad assicurare che sia fornita alle utenze una consulenza in merito alla sostituzione delle caldaie, ad altre modifiche dell'impianto termico o a soluzioni alternative, che possono comprendere ispezioni intese a valutare l'efficienza e il corretto dimensionamento della caldaia. L'impatto globale di tale approccio dovrebbe essere sostanzialmente equipollente a quello di cui alla lettera a). Gli Stati membri che si avvalgono di questa formula presentano alla Commissione, con scadenza biennale, una relazione sull'equipollenza dell'approccio da essi adottato.

**Articolo 9**
**Ispezione dei sistemi di condizionamento d'aria**

Al fine di ridurre il consumo energetico e le emissioni di biossido di carbonio, gli Stati membri stabiliscono le misure necessarie affinché i sistemi di condizionamento d'aria la cui potenza nominale utile è superiore a 12 kW vengano periodicamente ispezionati.

L'ispezione contempla una valutazione dell'efficienza del sistema di condizionamento d'aria e del suo dimensionamento rispetto al fabbisogno di condizionamento dell'edificio. Viene data alle utenze un'opportuna consulenza in merito ai possibili miglioramenti o alla sostituzione del sistema di condizionamento ovvero a soluzioni alternative.

**Articolo 10**
**Esperti indipendenti**

Gli Stati membri si assicurano che la certificazione degli edifici e l'elaborazione delle raccomandazioni che la corredano nonché l'ispezione delle caldaie e dei sistemi di condizionamento d'aria vengano effettuate in maniera indipendente da esperti qualificati e/o riconosciuti, qualora operino come imprenditori individuali o impiegati di enti pubblici o di organismi privati.

**Articolo 11**
**Revisione**

La Commissione, assistita dal comitato di cui all'articolo 14, valuta la presente direttiva alla luce dell'esperienza acquisita nel corso della sua applicazione e, se necessario, presenta proposte concernenti tra l'altro:
a) eventuali misure complementari relative alla ristrutturazione degli edifici di superficie utile totale inferiore a 1 000 $m^2$;
b) incentivi generali a favore di misure di efficienza energetica negli edifici.

**Articolo 12**
**Informazione**

Gli Stati membri adottano le misure necessarie per informare gli utilizzatori di edifici sui diversi metodi e sulle diverse prassi che contribuiscono a migliorare il rendimento energetico. Su richiesta degli Stati membri, la Commissione assiste gli Stati membri nella realizzazione di queste campagne di informazione, che possono essere oggetto di programmi comunitari.

**Articolo 13**
**Adeguamento del contesto**

Le parti 1 e 2 dell'allegato sono rivedute a scadenze regolari, non inferiori a due anni.
Le eventuali modifiche necessarie per adeguare le parti 1 e 2 dell'allegato al progresso tecnico sono adottati secondo la procedura di cui all'articolo 14, paragrafo 2.

**Articolo 14**
**Comitato**

1. La Commissione è assistita da un comitato.
2. Nei casi in cui è fatto riferimento al presente paragrafo, si applicano gli articoli 5 e 7 della decisione 1999/468/CE, tenendo conto delle disposizioni dell'articolo 8 della stessa. Il termine di cui all'articolo 5, paragrafo 6, della decisione 1999/468/CE è fissato a tre mesi.
3. Il comitato adotta il proprio regolamento interno.

**Articolo 15**
**Recepimento**

1. Gli Stati membri mettono in vigore le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi alla presente direttiva **entro il 4 gennaio 2006**. Essi ne informano immediatamente la Commissione. Quando gli Stati membri adottano tali disposizioni, queste contengono un riferimento alla presente direttiva o sono corredate di un siffatto riferimento all'atto della pubblicazione ufficiale. Le modalità di tale riferimento sono decise dagli Stati membri.
2. In caso di mancata disponibilità di esperti qualificati e/o riconosciuti, gli Stati membri dispongono di un ulteriore periodo di tre anni per applicare integralmente gli articoli 7, 8 e 9. Se si avvalgono di tale possibilità, essi ne danno comunicazione alla Commissione, fornendo le appropriate motivazioni, insieme ad un calendario per l'ulteriore attuazione della presente direttiva.

**Articolo 16**
**Entrata in vigore**

La presente direttiva entra in vigore il giorno della pubblicazione nella Gazzetta ufficiale delle Comunità europee.

**Articolo 17**
**Destinatari**

Gli Stati membri sono i destinatari della presente direttiva.

Fatto a Bruxelles, addì 16 dicembre 2002.

Per il Parlamento europeo Per il Consiglio

Il Presidente La Presidente
P. COX M. FISCHER BOEL

---

Note:

(1) GU C 213 E del 31.7.2001, pag. 266 e GU C 203 E del 27.8.2002, pag. 69.
(2) GU C 36 dell'8.2.2002, pag. 20.
(3) GU C 107 del 3.5.2002, pag. 76.
(4) Parere del Parlamento europeo del 6 febbraio 2002 (non ancora pubblicato nella Gazzetta ufficiale). Posizione comune del Consiglio del 7 giugno 2002 (GU C 197 E del 20.8.2002, pag. 6) e decisione del Parlamento europeo del 10 ottobre 2002 (non ancora pubblicata nella Gazzetta ufficiale).
(5) GU L 237 del 22.9.1993, pag. 28.
(6) GU L 40 dell'11.2.1989, pag. 12. Direttiva modificata dalla direttiva 93/68/CEE (GU L 220 del 30.8.1993, pag. 1).
(7) GU L 184 del 17.7.1999, pag. 23.

**ALLEGATO**
**Quadro generale per il calcolo del rendimento energetico degli edifici (articolo 3)**

1. Il metodo di calcolo del rendimento energetico degli edifici deve comprendere almeno i seguenti aspetti:

a) caratteristiche termiche dell'edificio (murature esterne e divisioni interne, ecc.). Tali caratteristiche possono anche includere l'ermeticità;
b) impianto di riscaldamento e di produzione di acqua calda, comprese le relative caratteristiche di coibentazione;
c) sistema di condizionamento d'aria;
d) ventilazione;
e) impianto di illuminazione incorporato (principalmente per il settore non residenziale);
f) posizione ed orientamento degli edifici, compreso il clima esterno;
g) sistemi solari passivi e protezione solare;
h) ventilazione naturale;
i) qualità climatica interna, incluso il clima degli ambienti interni progettato.

2. Il calcolo deve tener conto, se del caso, dei vantaggi insiti nelle seguenti opzioni:

a) sistemi solari attivi ed altri impianti di generazione di calore ed elettricità a partire da fonti energetiche rinnovabili;
b) sistemi di cogenerazione dell'elettricità;
c) sistemi di riscaldamento e condizionamento a distanza (complesso di edifici/condomini);
d) illuminazione naturale.

3. Ai fini del calcolo è necessario classificare adeguatamente gli edifici secondo categorie quali:

a) abitazioni monofamiliari di diverso tipo;
b) condomini (di appartamenti);
c) uffici;
d) strutture scolastiche;
e) ospedali;
f) alberghi e ristoranti;
g) impianti sportivi;
h) esercizi commerciali per la vendita all'ingrosso o al dettaglio;
i) altri tipi di fabbricati impieganti energia.

## 6.2 – Bando Programma “10000 Tetti Fotovoltaici”

### BANDO TETTI FOTOVOLTAICI 2000-2002

### PREMESSA

Visto il Decreto direttoriale n. 99/SIAR/2000 e il successivo decreto n. 106/SIAR/2001 del Ministero dell’Ambiente, i quali definiscono e avviano il Programma “Tetti fotovoltaici”, finalizzato alla realizzazione nel periodo 2000-2002 di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica di distribuzione e integrati/installati nelle strutture edilizie;

Considerato che con il Decreto n. 99/SIAR/2000 sono state impegnate risorse economiche pari a lire 20.000 milioni, quale disponibilità finanziaria assegnata al Sottoprogramma rivolto ai soggetti pubblici;

Considerato che i suddetti Decreti affidano all’ENEA - Ente per le Nuove tecnologie, l’Energia e l’Ambiente - il coordinamento e lo svolgimento delle attività tecnico-scientifiche necessarie per il buon esito del Programma “Tetti fotovoltaici”;

Visto il Protocollo di Intesa tra Ministero dell’Ambiente e il Ministero dei Beni Ambientali e Culturali, stipulato in data 6 giugno 2000, mirato all’abbattimento delle barriere non tecniche alla diffusione delle fonti rinnovabili, tra cui il fotovoltaico, in ambito urbano;

Considerato che l’articolo 10, comma 7, primo periodo, della legge n. 133/99 prevede che l’esercizio di impianti che utilizzano fonti rinnovabili di potenza elettrica non superiore a 20 kW, anche collegati alla rete, non è soggetto agli obblighi di cui all’articolo 53, comma 1, del testo unico approvato con decreto legislativo 26 ottobre 1995, n. 504, e che l’energia consumata, sia autoprodotta che ricevuta in conto scambio, non è sottoposta all’imposta erariale a alle relative addizionali sull’energia elettrica;

Vista la Deliberazione dell’Autorità per l’energia elettrica ed il gas 6 dicembre 2000, n. 224/00, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale - serie generale - n. 19 del 24 gennaio 2001, concernente la disciplina delle condizioni tecnico-economiche del servizio di scambio sul posto dell’energia elettrica prodotta da impianti fotovoltaici con potenza nominale non superiore a 20 kW;

Considerato che la riduzione progressiva dei costi della tecnologia fotovoltaica è uno degli obiettivi strategici del Programma “Tetti fotovoltaici” e che, pertanto, i soggetti beneficiari del Programma stesso devono essere edotti di tale finalità, impegnandosi anche a farsi parte diligente affinché il suddetto obiettivo venga utilmente perseguito.

### EMANA IL PRESENTE BANDO

**Art. 1**
***(Finalità e disponibilità finanziarie)***

1.1 Il presente bando, in attuazione dei Decreti direttoriali n. 99/SIAR/2000 e n. 106/SIAR/2001 del Ministero dell’Ambiente (di seguito indicato come Ministero) di cui alla premessa, disciplina le procedure per la richiesta di concessione e per l’erogazione del contributo pubblico, nella misura del 75% del costo d’investimento ammesso - non

inclusivo dell'IVA - per la realizzazione di interventi d'installazione di impianti fotovoltaici.
1.2 L'erogazione del contributo pubblico è a valere sulle risorse economiche, complessivamente pari a lire 20.000 milioni, impegnate con il Decreto direttoriale n. 99/SIAR/2000.

**Art. 2**
***(Requisiti oggettivi)***

2.1 Possono essere ammessi al contributo esclusivamente gli interventi d'installazione di impianti fotovoltaici, di potenza nominale non inferiore a 1 kW e non superiore a 20 kW, i cui generatori fotovoltaici costituiscano parte degli elementi costruttivi di strutture edilizie o siano installati su strutture edilizie, ivi inclusi gli elementi di arredo urbano. Sono ammissibili esclusivamente interventi relativi a strutture edilizie destinate ad attività e/o a usi di natura pubblica. Non sono ammissibili gli interventi avviati anteriormente alla data di pubblicazione del comunicato relativo all'emanazione del presente bando.
2.2 Gli impianti fotovoltaici dovranno essere conformi alla specifica tecnica di fornitura predisposta dall'Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (di seguito indicato come ENEA), di cui all'allegato A, relativa agli aspetti impiantistici e alle prestazioni attese di funzionamento.
2.3 La connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica di distribuzione, attraverso la rete di utente - cioè la rete elettrica della struttura edilizia cui si riferisce l'intervento -, costituisce un ulteriore requisito obbligatorio ai fini dell'ammissione al contributo. E' altresì obbligatorio, ai fini dell'ammissione al contributo, che la titolarità del contratto di fornitura di energia elettrica, che identifica in maniera univoca la rete di utente, sia in capo a organismi di diritto pubblico.
2.4 Possono essere collegati alla rete di utente anche più impianti fotovoltaici distinti e separati, purché la somma delle potenze nominali di detti impianti sia non superiore a 20 kW.

**Art. 3**
***(Requisiti soggettivi)***

3.1 Possono presentare domanda di contributo i Comuni Capoluogo di Provincia, le Province, le Università statali e gli Enti pubblici di ricerca, i quali siano proprietari, o esercitino un altro diritto reale di godimento, della struttura edilizia cui si riferisce l'intervento.
3.2 Possono altresì presentare domanda di contributo i Comuni competenti per territorio delle aree naturali protette di cui all'elenco approvato ai sensi del combinato disposto dell'articolo 3, comma 4, lettera c), della legge 394/91, e dell'art. 7, comma 1, allegato A, del decreto legislativo 281/97, limitatamente a interventi inerenti alle suddette aree.
3.3 Possono presentare domanda di contributo anche le società collegate o controllate dai Comuni Capoluogo di Provincia e dalle Province, ai sensi dell'articolo 2359 e seguenti del c.c., limitatamente a interventi d'installazione di impianti fotovoltaici a servizio delle strutture edilizie di proprietà delle società stesse, sempre che siano destinate ad attività e/o a usi di natura pubblica.

Art. 4
*(Raccolta dati e analisi delle prestazioni)*

4.1 L'ENEA individuerà un campione significativo di impianti fotovoltaici, fra quelli

che avranno acquisito il diritto al contributo pubblico di cui al presente bando, i quali dovranno essere opportunamente strumentati, ai fini della raccolta dei dati di funzionamento e dell'analisi delle loro prestazioni.
4.2 La formazione del campione avverrà selezionando gli impianti più significativi sulla base degli elementi tecnici e qualitativi che li caratterizzano, quali: dimensione, tipologia d'installazione, tecnologia ed esposizione dei moduli fotovoltaici, tecnologia del gruppo di conversione, località d'installazione, eventuali peculiarità dell'impianto e altre caratteristiche tecniche o funzionali.
4.3 La configurazione base del sistema di acquisizione dati (essenzialmente composto da sensori, acquisitore e modulo trasmissione dati) è riportata a puro titolo informativo nell'allegato A. Infatti, la specifica tecnica del sistema di acquisizione dati, propria di ciascun impianto da strumentare, sarà oggetto di un apposito documento, che costituirà l'unico riferimento per la fornitura e installazione del sistema stesso. Detto documento, predisposto dall'ENEA, sarà trasmesso dal Ministero unicamente a quei soggetti richiedenti che risultino selezionati ai fini dell'attività di cui al presente articolo.
4.4 L'approvvigionamento e l'installazione del sistema di acquisizione dati dell'impianto dovrà essere curata dal soggetto richiedente. Le spese corrispondenti saranno totalmente rimborsate dal Ministero, a valere sulle risorse economiche di cui all'articolo 1 del presente bando, nel limite massimo che sarà stabilito dal Ministero stesso, caso per caso e, comunque, non superiore a lire 10 (dieci) milioni. L'erogazione di tali risorse avverrà con le modalità di finanziamento indicate nell'articolo 10.
4.5 La gestione del sistema di acquisizione dati e l'analisi delle prestazioni degli impianti selezionati sarà a cura e spese dell'ENEA.

**Art. 5**
***(Procedure)***

5.1 Nei limiti delle disponibilità finanziarie di cui all'articolo 1 del presente bando e fino a esaurimento delle disponibilità stesse, valgono le procedure di cui ai seguenti commi.
5.2 Le domande di contributo dovranno, pena la non ammissione a istruttoria, essere inoltrate esclusivamente a mezzo plico raccomandato con avviso di ricevimento ed essere redatte in conformità al modello di cui all'allegato B al presente bando. Le domande dovranno essere sottoscritte dal soggetto delegato a tale funzione, secondo le regole in uso presso l'amministrazione di appartenenza, pena la non ammissione a istruttoria. Le domande dovranno essere sottoscritte anche dal titolare del contratto di fornitura di energia elettrica relativo alla struttura edilizia cui si riferisce l'intervento, qualora diverso dal soggetto richiedente. Non saranno parimenti ammesse a istruttoria le domande che risultino spedite antecedentemente alla data di pubblicazione del comunicato relativo all'emanazione del presente bando o spedite successivamente al 90° (novantesimo) giorno solare a decorrere dalla medesima data di pubblicazione. Non saranno altresì ammesse a istruttoria le domande di contributo pervenute oltre il termine di 30 (trenta) giorni solari a far data dalla rispettiva spedizione. Ai fini dell'ammissione delle domande, farà fede la data desunta dal timbro apposto dall'Ufficio postale di partenza e dal bollo apposto dall'Ufficio Protocollo in ingresso del Ministero.
5.3 In nessun caso il Ministero risponderà del mancato o ritardato recapito delle domande di contributo.
5.4 Nel caso in cui lo stesso soggetto richiedente intenda ottenere la concessione del contributo relativamente a più interventi distinti, è ammessa la domanda unica esclusivamente qualora gli interventi medesimi facciano tutti riferimento a uno stesso contratto di fornitura di energia elettrica, fermo restando che la somma delle potenze nominali di detti impianti sia non superiore a 20 kW.

5.5 Il soggetto richiedente deve aver dato comunicazione al Distributore, con il quale è stato stipulato il contratto di fornitura di energia elettrica, o al quale è stata richiesta la fornitura di energia elettrica (a servizio della struttura edilizia sede d'installazione dell'impianto), circa la propria intenzione di realizzare e collegare alla rete di distribuzione l'impianto fotovoltaico oggetto dell'intervento.
5.6 E' fatto espresso divieto al soggetto richiedente di alienare e/o dismettere l'impianto fotovoltaico, per un periodo non inferiore a 12 (dodici) anni a far data dal collaudo dell'impianto stesso; il soggetto richiedente dovrà assumere l'impegno, pena la non ammissione a istruttoria della domanda, a mantenere l'impianto medesimo, durante il suddetto periodo, nelle migliori condizioni di esercizio, avendo cura di attuare le necessarie precauzioni per preservarlo da atti vandalici o comunque da azioni dirette a causare danni all'impianto stesso, alle persone, e alle cose circostanti.
5.7 Al fine di consentire l'attività di raccolta dati e analisi delle prestazioni, il soggetto richiedente, pena la non ammissione a istruttoria della domanda, dovrà:

- dichiarare di essere disponibile a un'eventuale azione di raccolta dati dell'impianto per l'analisi delle sue prestazioni;
- impegnarsi a provvedere all'approvvigionamento e installazione del sistema di acquisizione dati e ad anticipare il 50% delle relative spese.

5.8 Alla domanda dovrà essere allegata, pena la non ammissione a istruttoria, la seguente documentazione:

- scheda tecnica, conforme al modello di cui all'allegato C al presente bando, relativa all'installazione dell'impianto proposto (una per ogni impianto, se del caso);
- progetto di massima dell'impianto, firmato da un tecnico abilitato, unitamente a una copia;
- preventivo di spesa comprovante l'investimento da sostenere, sottoscritto dal soggetto richiedente;
- dichiarazione inerente all'assunzione dell'impegno di spesa della quota a carico del soggetto richiedente;
- autorizzazione sottoscritta dal proprietario della struttura edilizia a eseguire l'intervento, qualora diverso del soggetto richiedente;
- copia della comunicazione di cui al precedente comma 5, corredata dell'eventuale risposta da parte del Distributore.

Le domande, corredate della documentazione predetta, dovranno essere spedite al:

Servizio IAR - Programma "Tetti fotovoltaici"
Ministero dell'Ambiente
Via Cristoforo Colombo, 44
00147 Roma

5.9 Il Ministero si riserva di richiedere approfondimenti alla documentazione prodotta. In caso di mancato invio di quanto richiesto entro 20 (venti) giorni solari dalla data di ricezione, il soggetto richiedente sarà considerato rinunciatario.
5.10 Tutte le altre eventuali comunicazioni da parte del soggetto richiedente dovranno essere inviate esclusivamente al Ministero, al su citato indirizzo.

## Art. 6
### *(Costi ammissibili)*

6.1 Le spese ammissibili costituenti il costo d'investimento, in base al quale verrà calcolato il contributo pubblico nei limiti di cui al successivo articolo 8, sono riferibili esclusivamente alle seguenti voci:

- progettazione, direzione lavori, collaudo e certificazioni degli impianti;
- fornitura dei materiali e dei componenti necessari alla realizzazione degli impianti;
- installazione e posa in opera degli impianti;
- eventuali opere edili strettamente necessarie e connesse all'installazione degli impianti.

6.2 Ai fini dell'erogazione del contributo, le suddette spese dovranno essere documentate e dovranno riferirsi a interventi avviati successivamente alla data di pubblicazione del comunicato relativo all'emanazione del presente bando.

## Art. 7
## *(Esame delle domande)*

7.1 L'esame delle domande verrà affidato a una Commissione Tecnica, nominata dal Ministero e formata da rappresentanti del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, del Ministero dei Beni Ambientali e Culturali, dell'ENEA e del Ministero stesso. La medesima Commissione determinerà, sulla base delle proposte formulate dall'ENEA, gli impianti fotovoltaici che dovranno essere, tra l'altro, oggetto dell'attività di raccolta dati e analisi delle prestazioni.
7.2 Le domande di contributo saranno valutate nell'ambito di gruppi, ciascuno costituito esclusivamente da domande spedite in pari data. L'ordine di valutazione e, se con esito positivo, di concessione del contributo pubblico è quello sequenziale, secondo la data di spedizione delle rispettive domande.
7.3 La suddetta Commissione Tecnica potrà escludere dalla concessione del contributo pubblico, a proprio insindacabile giudizio, gli interventi che presentino gravi inesattezze tecniche e/o, nel caso di interventi da attuare in aree soggette a vincoli ambientali o paesaggistici, che non risultino adeguatamente integrati/inseriti nella struttura edilizia. La concessione del contributo pubblico avverrà, comunque, fino a esaurimento delle risorse di cui all'articolo 1 del presente bando.
7.4 Nel caso in cui gli interventi valutati finanziabili nell'ambito di un gruppo di domande, come sopra definito, fossero tali da superare le risorse economiche residue, detti interventi saranno oggetto di sorteggio pubblico, ai fini della concessione del contributo.
7.5 Il Ministero comunicherà tempestivamente a tutti i soggetti richiedenti l'esito della valutazione.

## Art. 8
## *(Concessione del contributo)*

8.1 Per la realizzazione degli impianti di potenza compresa tra 1 e 5 kW il costo massimo d'investimento, riconosciuto dal Programma, è fissato in lire 15,5 milioni (IVA esclusa) per kW installato; per gli impianti di potenza superiore, e comunque fino a 20 kW, detto costo massimo è quello derivante dalla seguente formula:

$$C = 13{,}5 + 10/P$$

ove:
C è il costo massimo, riconosciuto dal Programma, in milioni di lire/kW;
P è la potenza nominale dell'impianto, in kW (compresa tra 5 e 20 kW).

8.2 Gli interventi verranno finanziati con un contributo in misura del 75% del costo d'investimento ammesso - **non inclusivo dell'IVA** - o in misura fissa, qualora detto costo ecceda il valore del costo massimo riconosciuto dal Programma. Detto contributo

è da intendersi come contributo massimo: al soggetto richiedente che si avvale, o intende avvalersi, di altri meccanismi di incentivazione, nazionale o comunitaria, in conto capitale per la realizzazione dell'intervento, verrà concesso il solo complemento al suddetto contributo. L'ammontare del contributo pubblico concesso è fisso e invariabile.
8.3 Nel caso di impianti da installare presso parchi e aree naturali protette, o di impianti che conseguano la completa integrazione del generatore fotovoltaico nella struttura edilizia, il costo massimo dell'impianto riconosciuto dal Programma può essere aumentato fino a un massimo del 20%.

Art. 9
*(Tempi e modalità di realizzazione degli interventi)*

9.1 In caso di accoglimento della domanda, pena la decadenza al diritto al contributo concesso, dovrà essere dato inizio ai lavori di realizzazione dell'intervento entro 120 (centoventi) giorni solari dalla data di ricevimento della comunicazione di accoglimento della domanda di contributo e dovranno essere completate le opere entro il termine di 240 (duecentoquaranta) giorni solari a decorrere dalla stessa data.
9.2 L'eventuale istanza di proroga a detto termine, debitamente sottoscritta e motivata, dovrà essere spedita entro 30 (trenta) giorni solari dal ricevimento della comunicazione di accoglimento della domanda di contributo. Il Ministero comunicherà al soggetto richiedente l'esito della valutazione.
9.3 Il soggetto richiedente dovrà tempestivamente comunicare, a mezzo raccomandata, l'avvenuto inizio dei lavori di realizzazione dell'intervento, specificandone la data e allegando la seguente documentazione, sottoscritta dal responsabile del procedimento:
- copia del verbale consegna lavori o della denuncia di inizio attività;
- pianificazione sequenziale e temporale delle attività;
- eventuali significativi aggiornamenti di detta pianificazione dovranno essere comunicati tempestivamente al Ministero.

9.4 Il soggetto richiedente dovrà attuare tutti gli accorgimenti in uso presso l'amministrazione di appartenenza, volti a contribuire al conseguimento dell'obiettivo di riduzione progressiva dei costi, di cui alla premessa del presente bando.

Art. 10
*(Erogazione del contributo)*

10.1 Per ciascun intervento valutato finanziabile, l'erogazione del contributo avverrà in due fasi. Un acconto, pari al 50% dell'ammontare del contributo pubblico concesso, sarà erogato dal Ministero a valle del ricevimento della comunicazione di avvenuto inizio dei lavori di realizzazione dell'intervento. Il saldo sarà erogato al termine dei lavori stessi, a seguito della verifica della conformità e idoneità della documentazione a corredo dell'intervento realizzato, inclusa quella di collaudo dell'impianto.
10.2 Per i soli impianti selezionati per l'attività di raccolta dati e analisi delle prestazioni, l'erogazione di cui sopra includerà anche un acconto pari al 50% dell'importo presunto delle spese di approvvigionamento e d'installazione del sistema di acquisizione dati di detti impianti.
10.3 Ai fini dell'erogazione del saldo, il soggetto richiedente dovrà comunicare al Ministero la fine dei lavori di realizzazione dell'intervento, allegando la seguente documentazione, sottoscritta dal responsabile del procedimento:
- consuntivo analitico della spesa sostenuta
- certificazione della spesa conforme alle vigenti leggi fiscali, con relativo elenco. In particolare, deve essere distinto l'ammontare relativo alla posa in opera da quello relativo alla fornitura, specificando, in quest'ultimo caso, il costo dei moduli

fotovoltaici e del gruppo di conversione. Non sono considerate valide, ai fini dell'ottenimento del contributo, le fatture che non contengono la sopraindicata distinzione;

- copia del verbale ultimazione lavori o della comunicazione di ultimazione dei lavori, certificato di regolare esecuzione dell'opera e dichiarazione che l'opera stessa è stata eseguita in conformità a quanto dichiarato nella domanda di contributo (a meno di variante approvata), sottoscritta dal soggetto richiedente e dall'esecutore dell'opera;
- dichiarazione di verifica tecnico-funzionale dell'impianto, prevista dalla specifica tecnica di fornitura (allegato A);
- dichiarazione di non aver usufruito o richiesto altri contributi, nazionali o comunitari, per l'intervento in corso di finanziamento, ovvero, dichiarazione che indichi la fonte di finanziamento e l'ammontare del contributo;
- eventuale certificazione della spesa conforme alle vigenti leggi fiscali, relativa all'approvvigionamento e installazione del sistema di acquisizione dati.

  Detta documentazione verrà valutata da un'apposita Commissione nominata dal Ministero.

## Art. 11
## *(Verifiche e controlli)*

Il Ministero accerta, anche avvalendosi dell'ENEA, la regolare esecuzione delle opere, nonché la loro conformità al progetto presentato (incluse le eventuali varianti approvate), il rispetto dei tempi fissati per l'inizio dei lavori e per il completamento dell'opera e tutto quant'altro possa risultare necessario per procedere all'erogazione del contributo. A tal fine, possono essere eseguiti sopralluoghi in corso d'opera e verifiche tecniche in qualsiasi momento nell'arco della vita dell'impianto.

## Art. 12
## *(Varianti)*

12.1 L'eventuale richiesta di variante in corso d'opera da apportare al progetto presentato, fatta salva quella di tipo impiantistico, dovrà essere inoltrata al Ministero mediante plico raccomandato, debitamente sottoscritta e motivata e integrata da idonea documentazione giustificativa.
12.2 La suddetta variante verrà esaminata dal Ministero; l'esito di tale esame sarà tempestivamente comunicato al soggetto richiedente.

12.3 L'approvazione dell'istanza di variante, comunque, non può comportare l'aumento del contributo già concesso all'intervento originariamente ammesso.

## Art. 13
## *(Decadenza e revoca del contributo)*

13.1 Il mancato inizio dell'intervento entro 120 (centoventi) giorni solari dal ricevimento della comunicazione di accoglimento della domanda di contributo, o il mancato completamento delle opere entro il termine di 240 (duecentoquaranta) giorni solari dalla stessa data, o entro il termine conseguente all'approvazione di una eventuale istanza di variante, comportano la decadenza dal diritto al contributo già concesso e il recupero del contributo erogato.
13.2 Si procede alla revoca del contributo concesso e al recupero del contributo erogato, maggiorato degli interessi legali:

- nel caso di mancato rispetto degli adempimenti di legge;

- qualora vengano riscontrati significativi scostamenti tra quanto pianificato (articolo 9, comma 3, del presente bando) e quanto effettivamente svolto;
- nel caso di forte difformità tra progetto presentato e opera realizzata;
- nel caso in cui l'opera realizzata risulti difforme dalla specifica tecnica di fornitura (allegato A).

In questi ultimi casi, l'entità degli scostamenti e/o della difformità sarà valutata a giudizio insindacabile del Ministero.
13.3 Si procede altresì alla revoca del contributo concesso e al recupero del contributo erogato, maggiorato degli interessi legali, nel caso di mancato rispetto degli impegni assunti dal soggetto richiedente in fase di presentazione della domanda di contributo.

Allegato A

SPECIFICA TECNICA DI FORNITURA

PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI DI POTENZA NOMINALE NON SUPERIORE A 20 kW CONNESSI ALLA RETE

**SCOPO**
Lo scopo della presente specifica è quello di fornire le indicazioni di massima e di normativa da rispettare per la realizzazione, nell'ambito del Programma "Tetti fotovoltaici", di impianti fotovoltaici di potenza nominale non inferiore a 1 kW e non superiore a 20 kW, destinati a operare in parallelo alla rete elettrica di distribuzione e connessi alla rete di utente, a valle del dispositivo generale. Il presente documento, pertanto, non è esaustivo ai fini di un eventuale affidamento delle opere di fornitura, installazione e collegamento alla rete degli impianti in oggetto. E', inoltre, inclusa una breve descrizione del sistema di acquisizione dati (nella sua configurazione base) per l'analisi del funzionamento degli impianti di cui sopra, qualora essi rientrino fra quelli selezionati a campione. In questi casi, la specifica tecnica del sistema di acquisizione, propria di ciascun impianto, sarà definita caso per caso e sarà oggetto di appositi documenti.

**1. DEFINIZIONI**
a. un impianto fotovoltaico è un sistema di produzione di energia elettrica mediante conversione diretta della luce, cioè della radiazione solare, in elettricità (effetto fotovoltaico); esso è costituito dal generatore fotovoltaico e dal gruppo di conversione;
b. il generatore fotovoltaico dell'impianto è l'insieme dei moduli fotovoltaici, collegati in serie/parallelo per ottenere la tensione/corrente desiderata;
c. la potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) del generatore fotovoltaico è la potenza determinata dalla somma delle singole potenze nominali (o massime, o di picco o di targa) di ciascun modulo costituente il generatore fotovoltaico, misurate nelle condizioni standard di riferimento;
d. il gruppo di conversione è l'apparecchiatura elettronica che converte la corrente continua (fornita da generatore fotovoltaico) in corrente alternata per la connessione alla rete;
e. il distributore è il soggetto che presta il servizio di distribuzione e vendita dell'energia elettrica agli utenti;
f. l'utente è la persona fisica o giuridica titolare di un contratto di fornitura dell'energia elettrica.

## 2. NORMATIVA E LEGGI DI RIFERIMENTO

La normativa e le leggi di riferimento da rispettare per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici sono:

- norme CEI/IEC per la parte elettrica convenzionale;
- norme CEI/IEC e/o JRC/ESTI per i moduli fotovoltaici;
- conformità al marchio CE per i moduli fotovoltaici e il gruppo di conversione;
- UNI 10349 per il dimensionamento del generatore fotovoltaico;
- UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e di ancoraggio dei moduli fotovoltaici;

Si richiamano, in particolare, le norme EN 60439-1 e IEC 439 per i quadri elettrici, le norme CEI 110-31 e le CEI 110-28 per il contenuto di armoniche e i disturbi indotti sulla rete dal gruppo di conversione, le norme CEI 110-1, le CEI 110-6 e le CEI 110-8 per la compatibilità elettromagnetica (EMC) e la limitazione delle emissioni in RF. Circa la sicurezza e la prevenzione degli infortuni, si ricorda:

- il DPR 547/55 e il D.Lgs. 626/94 e successive modificazioni, per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- la legge 46/90 e DPR 447/91 (regolamento di attuazione della legge 46/90) e successive modificazioni, per la sicurezza elettrica.

Per quanto riguarda il collegamento alla rete e l'esercizio dell'impianto, le scelte progettuali devono essere conformi alle seguenti normative e leggi:

- norma CEI 11-20 per il collegamento alla rete pubblica;
- norme CEI EN 61724 per la misura e acquisizione dati;
- legge 133/99, articolo 10, comma 7, per gli aspetti fiscali.

Qualora si voglia adottare il regime di scambio dell'energia elettrica, si applica la Deliberazione n. 224/00 dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas del 6 dicembre 2000: "Disciplina delle condizioni tecnico-economiche del servizio di scambio sul posto dell'energia elettrica prodotta da impianti fotovoltaici con potenza nominale non superiore a 20 kW". I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, purché vigenti al momento della pubblicazione della presente specifica, anche se non espressamente richiamate, si considerano applicabili.

## 3. DIMENSIONAMENTO, PRESTAZIONI E GARANZIE

La potenza nominale dell'impianto fotovoltaico deve essere tale che la quantità di energia elettrica da esso producibile su base annua (in corrente alternata) sia inferiore a quella fornita dal Distributore all'utente (mediante il contratto di fornitura di energia elettrica), calcolata sulla media degli ultimi 3 anni. Nel caso di nuove utenze, si potrà fare riferimento al consumo annuale presunto di energia elettrica. La quantità di energia elettrica producibile deve essere calcolata, comunque, sulla base dei dati radiometrici di cui alla citata norma UNI 10349 e assumendo come efficienza operativa media annuale dell'impianto il 75% dell'efficienza nominale del generatore fotovoltaico. L'efficienza nominale del generatore fotovoltaico è numericamente data, in pratica, dal rapporto tra la potenza nominale del generatore stesso (espressa in kW) e la relativa superficie (espressa in m² e intesa coma somma della superficie dei moduli). Qualora le condizioni impiantistiche e di uso dell'impianto fotovoltaico siano tali che possa essere trasferita in rete una potenza maggiore di quella impegnata dal contratto di

fornitura, sarà necessario adeguare la suddetta potenza impegnata. Inoltre, l'impianto deve essere progettato per avere:

- una potenza lato corrente continua superiore all'85% della potenza nominale del generatore fotovoltaico, riferita alle particolari condizioni di irraggiamento;
- una potenza attiva, lato corrente alternata, superiore al 90% della potenza lato corrente continua (efficienza del gruppo di conversione);

e, pertanto, una potenza attiva, lato corrente alternata, superiore al 75% della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico, riferita alle particolari condizioni di irraggiamento; L'intero impianto deve godere di una garanzia non inferiore a due anni a far data dal collaudo dell'impianto stesso, mentre i moduli fotovoltaici devono godere di una garanzia non inferiore a 12 anni.

**4. CARATTERISTICHE DI MASSIMA DELL'IMPIANTO**

Il generatore fotovoltaico deve essere ottenuto collegando in parallelo un numero opportuno di stringhe. Ciascuna stringa, sezionabile e provvista di diodo di blocco, deve essere costituita dalla serie di singoli moduli fotovoltaici. Ciascun modulo deve essere provvisto di diodi di by-pass. Il parallelo delle stringhe deve essere provvisto di protezioni contro le sovratensioni e di idoneo sezionatore per il collegamento al gruppo di conversione. Particolare attenzione deve essere posta nella progettazione e realizzazione del quadro elettrico contenente i suddetti componenti: oltre a essere conforme alle norme vigenti, esso deve possedere un grado di protezione adeguato alle caratteristiche ambientali del suo sito d'installazione.
Il generatore fotovoltaico dovrebbe, preferibilmente, essere gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra.
Il gruppo di conversione deve essere idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso del gruppo di conversione devono essere compatibili con quelli del generatore fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita devono essere compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto. Il gruppo di conversione dovrebbe, preferibilmente, essere basato su inverter a commutazione forzata, con tecnica PWM, deve essere privo di clock e/o riferimenti interni, e deve essere in grado di operare in modo completamente automatico e di inseguire il punto di massima potenza (MPPT) del generatore fotovoltaico.
Soluzioni tecniche diverse da quelle suggerite (sia per la gestione del generatore fotovoltaico che per il gruppo di conversione) sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti. Il dispositivo di interfaccia, sul quale agiscono le protezioni, così come previste dalla citata norma CEI 11-20, sarà di norma integrato nel gruppo di conversione. Dette protezioni, comunque, devono essere corredate di una certificazione di tipo, emessa da un organismo accreditato. Il collegamento del gruppo di conversione alla rete elettrica deve essere effettuato a valle del dispositivo generale della rete di utente.
L'impianto, inoltre, deve essere dotato di una apparecchiatura che visualizzi (preferibilmente mediante un dispositivo elettromeccanico) la quantità di energia prodotta (cumulata) dall'impianto e le rispettive ore di funzionamento.
Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa viene ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la sua parte dovrà essere opportunamente protetta. In figura 1 è riportato lo schema di collegamento dell'impianto alla rete elettrica di distribuzione, nel caso tipico di applicazione del regime di scambio sul posto dell'energia elettrica.

## 5. VERIFICA TECNICO-FUNZIONALE

La verifica tecnico-funzionale dell'impianto consiste nel verificare:

- la continuità elettrica e le connessioni tra moduli;
- la messa a terra di masse e scaricatori;
- l'isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;
- il corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- la condizione: $P_{cc} > 0,85*P_{nom} *I / I_{STC}$,

$\mathbf{P_{cc}}$ è la potenza (in kW) misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del 2%,

$\mathbf{P_{nom}}$ è la potenza nominale (in kW) del generatore fotovoltaico;

**I** è l'irraggiamento (in W/m²) misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del 3%;

$\mathbf{I_{STC}}$, pari a 1000 W/m², è l'irraggiamento in condizioni standard;

- la condizione: Pca > 0,9*Pcc, ove: Pca è la potenza attiva (in kW) misurata all'uscita del gruppo di conversione, con precisione migliore del 2%;
- la condizione: Pca > 0,75*Pnom *I / ISTC.

Le verifiche di cui sopra dovranno essere effettuate, a lavori ultimati, dall'installatore dell'impianto, che dovrà essere in possesso di tutti i requisiti previsti dalle leggi in materia e dovrà emettere una dichiarazione (secondo il fac-simile allegato), firmata e siglata in ogni parte, che attesti l'esito delle verifiche e la data in cui le predette sono state effettuate.

## 6. DOCUMENTAZIONE

Dovranno essere emessi e rilasciati dall'installatore i seguenti documenti:

- manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi manutentivi;
- progetto esecutivo in versione "come costruito", corredato di schede tecniche dei materiali installati;
- dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- dichiarazione di conformità ai sensi della legge 46/90, articolo 1, lettera a
- certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate.

## 7. SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI

Il sistema di acquisizione dati è essenzialmente costituito da un insieme di sensori e/o convertitori, da un acquisitore con capacità di memorizzazione dei dati e da un modulo di trasmissione dati.
Ai fini della verifica del funzionamento e dell'analisi delle prestazioni di un impianto fotovoltaico, è prevista, di norma, la misura almeno delle seguenti grandezze: tensione e corrente del generatore fotovoltaico, potenza in uscita dal gruppo di conversione, temperatura dei moduli e irraggiamento.
Il software per la configurazione del sistema di acquisizione dati e per la gestione della trasmissione dati verrà fornito dall'ENEA.

## 6.3 – Decreto per il Programma “Solare Termico”

**DECRETO PER IL PROGRAMMA SOLARE TERMICO**

(*GU n. 229 del 30-9-2002*)

**DECRETO 24 luglio 2002**

**Programma solare termico - Bandi regionali.**

IL DIRETTORE GENERALE
per l'inquinamento e i rischi industriali

Vista la legge 8 luglio 1986, n. 349, istitutiva del Ministero dell'ambiente e il relativo regolamento di organizzazione adottato con decreto del Presidente della Repubblica 19 giugno 1987, n. 306;

Vista la delibera del CIPE del 19 novembre 1998 "Linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni di gas serra", con la quale vengono stabiliti gli obiettivi nazionali di riduzione delle emissioni di gas serra al 2008-2012;

Visto il libro bianco per la valorizzazione energetica delle fonti rinnovabili, approvato dal CIPE in data 6 agosto 1999, con il quale si individuano, per ciascuna fonte rinnovabile, gli obiettivi che devono essere conseguiti per ottenere le riduzioni di emissioni di gas serra che la precedente delibera CIPE 19 novembre 1998 assegna alla azione "produzione di energia da fonti rinnovabili";

Visto in particolare che, per la tecnologia solare termica, il libro bianco stima uno sviluppo annuo simile a quello registrato negli ultimi anni sul mercato internazionale, tale da consentire di giungere al 2008-2012 a una superficie di collettori solari installati pari a 3.000.000 mq;

Visto il decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112, e in particolare gli articoli 29, 30 e 31, con i quali sono individuati compiti e funzioni dello Stato, delle regioni e degli enti locali in materia di energia, ivi incluse le fonti rinnovabili;

Visto il decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio n. GAB/DEC/160/2001 del 23 novembre 2001, con il quale vengono assegnate al direttore del Servizio inquinamento atmosferico e rischi industriali risorse pari a lire 16.000 milioni per il finanziamento di interventi di promozione di fonti rinnovabili di produzione di energia, con particolare riferimento al settore solare - termico;

Ritenuto che l'impegno pubblico per lo sviluppo della tecnologia solare - termica debba continuare e riguardare, da un lato la ricerca, e dall'altro, in modo più mirato, la promozione di quei settori di mercato più vicini alla competitività tecnico-economica;

Considerato che l'integrazione nelle strutture edilizie di sistemi solari - termici viene ritenuta una strada promettente per favorire la riduzione dei costi e mitigare i problemi connessi all'occupazione di territorio causata dalle applicazioni solari -termiche tradizionali;

Considerato che la valorizzazione delle fonti rinnovabili può avere significativa incidenza sulle prospettive di sviluppo sostenibile del Paese in conformità agli obiettivi nazionali ed alle direttive comunitarie in materia di qualità dell'ambiente;

Considerato che in conformità alle funzioni ed i compiti conferiti, le regioni disciplinano gli interventi volti a valorizzare le fonti rinnovabili assicurando il coordinamento territoriale degli interventi, l'integrazione del fattore energetico nelle politiche settoriali favorendo il concorso degli enti locali e dei soggetti pubblici e privati nella definizione e attuazione delle strategie di
intervento;

Visto il decreto legislativo n. 36 del 30 gennaio 1999, che, all'art. 1, comma 1, prevede che l'ENEA svolge, tra l'altro, funzioni di agenzia per le pubbliche amministrazioni, ivi incluse le regioni, mediante la prestazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, dell'ambiente e dell'innovazione tecnologica;

Visto l'accordo di programma tra il Ministero dell'ambiente e l'ENEA, stipulato in data 25 novembre 1998, allo scopo di raccordare le attività dell'ENEA agli obiettivi prioritari della politica di tutela e risanamento ambientale del Governo nonché per definire le modalità di collaborazione dell'ENEA alle diverse linee di intervento avviate dal Ministero, per il raggiungimento degli stessi obiettivi;

Considerato che l'ENEA assiste il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e le regioni e province autonome nell'attuazione dei programmi di promozione delle fonti rinnovabili e del risparmio energetico nell'ambito dell'atto integrativo all'accordo di programma l'ENEA e il Ministero dell'ambiente e di specifici accordi stipulati con le regioni e le province
autonome;

Visto il decreto direttoriale n. 972/2001/SIAR/DEC del 21 dicembre 2001, che ha definito e avviato il "Programma solare - termico, bandi regionali" finalizzato all'incentivazione dei sistemi solari termici per la produzione di calore a bassa temperatura;

Considerato che l'art. 2 dello stesso decreto prevede l'erogazione di risorse da destinare ai soggetti pubblici e privati selezionati dai bandi pubblici emessi dalle regioni e province autonome;

Considerato che l'art. 3 dello stesso decreto prevede che le regioni concorrano al Programma con un cofinanziamento pari al 50%;

Viste le comunicazioni delle regioni che hanno dichiarato la disponibilità ad aderire al Programma "Solare - termico - Bandi regionali";

Visto il precedente finanziamento alla regione Lombardia nell'ambito dell'accordo di programma Ministero ambiente e regione Lombardia;

**Decreta:**

**Art. 1.**

**Ripartizione delle risorse**

Il presente decreto ripartisce, secondo il numero degli abitanti - come da tabella allegata – le risorse finanziarie di cui al successivo art. 3, tra le regioni e le province autonome che hanno aderito al programma "Solare termico - Bandi regionali", che prevede la

realizzazione di impianti solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria attraverso incentivi in conto capitale nella misura massima del 30%.

**Art. 2.**

**Trasferimento delle risorse**

Una prima quota pari al 50% delle risorse disponibili verrà trasferito alle regioni a seguito della pubblicazione dei relativi bandi nei bollettini ufficiali regionali. Il saldo verrà trasferito all'approvazione da parte del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, della documentazione relativa alla rendicontazione di spesa finale.

**Art. 3.**

**Costo del programma**

Il costo del programma per il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e' determinato in Euro 8.262.310,38. Al relativo onere si provvede a valere sulla quota complessiva di risorse finanziarie assegnate al servizio IAR e specificate dal decreto del Ministro dell'ambiente n. GAB/DEC/160/2001 del 23 novembre 2001, sul capitolo 7082, U.P.B. 1.2.1.4. per l'esercizio finanziario 2001.

Roma, 24 luglio 2002 Il direttore generale: Silvestrini

### 6.4 – Codice Concordato

## CODICE CONCORDATO DI RACCOMANDAZIONI PER LA QUALITA' ENERGETICO AMBIENTALE DI EDIFICI E SPAZI APERTI

### 1.PRINCIPI

#### 1.OBIETTIVI

Le Amministrazioni Pubbliche si riconoscono nella "Carta delle città europee per un modello urbano sostenibile" (Aalborg, 1994), i cui principi promuovono e garantiscono, e che forma parte integrante del presente codice, per le disposizioni in esso non specificamente inserite.
L'elevata qualità energetico ambientale degli interventi volti a incidere sul territorio costituisce per le Amministrazioni Pubbliche interesse pubblico da soddisfare nell'assolvimento dei propri scopi istituzionali.
Costituiscono obiettivi delle Amministrazioni Pubbliche la riduzione dei consumi di risorse ambientali ed energetiche e il controllo degli impatti complessivi sull'ambiente e sul territorio.
Le Amministrazioni Pubbliche promuovono e garantiscono anche con riferimento alle attività dei soggetti privati l'elevata qualità energetico ambientale nell'attuazione di programmi di riqualificazione urbana, recupero edilizio e urbano, edilizia di sostituzione, pianificazione di nuovi insediamenti e utilizzo del suolo.

#### 2.ORGANIZZAZIONE

Le Amministrazioni Pubbliche adottano, nel rispetto delle leggi, le necessarie modifiche alla propria organizzazione, volte a consentire lo svolgimento di un'efficiente azione nelle materie di cui al presente codice.

## 3.SCELTE IN MATERIA DI INTERVENTI NEL TERRITORIO IN RELAZIONE ALLA QUALITA' ENERGETICO AMBIENTALE DI EDIFICI E SPAZI APERTI

Le scelte in materia di modifiche del territorio, volte ad assicurare un'elevata qualità energetico - ambientale degli edifici e degli spazi aperti, si attuano con il ricorso, nei singoli comportamenti e provvedimenti di competenza, ai seguenti criteri e principi:

1) esame in termini ecologici, ed in misura adeguata alla dimensione del proprio territorio, della gestione dei sistemi direttamente incidenti sulle risorse ambientali. Nell'ambito di tale esame acquistano rilevanza i sistemi relativi a: energia (energia elettrica e termica, energie rinnovabili); acqua (acqua potabile, piovana, di falda); materiali (produzione, uso, riciclaggio e dismissione); rifiuti (trattamento e riciclaggio); ecosistema e paesaggio (microclima, habitat naturale per flora e fauna, tempo libero, spazi verdi); trasporti (circolazione pubblica, privata, su gomma, su ferro, pedonale, ciclabile); inquinamento (qualità dell'aria, protezione del suolo e delle falde, protezione dal rumore, protezione dai campi elettromagnetici);
2) analisi delle risorse ambientali dello specifico territorio e promozione dell'equilibrio fra uso e conservazione;
3) promozione delle integrazioni funzionali nel territorio urbano e regolamentazione dell'uso del suolo e del sottosuolo, con riferimento alle valenze ambientali;
4) adozione di una congrua politica delle risorse energetiche per gli edifici, il ricorso ad energie rinnovabili e adeguati programmi di sviluppo ed integrazione;
5) adozione di una congrua politica delle risorse idriche per gli edifici, il miglioramento degli equilibri idrogeologici, la salvaguardia del ciclo naturale delle acque.
6) promozione della partecipazione della collettività alla gestione del territorio e delle sue trasformazioni, in aggiunta alle procedure già previste dalla legge e previsione di strutture atte a garantire la diffusione di informazioni per il pubblico sulla qualità energetico - ambientale degli interventi sugli edifici e relativi spazi aperti.
7) utilizzo di banche dati e studi ambientali organizzati da soggetti pubblici e privati che operano nel settore e acquisiti anche attraverso specifici accordi tra i soggetti medesimi.
8) promozione di forme di pianificazione partecipata del territorio con tutti i soggetti interessati alle politiche ambientali.

## 4.ACQUA

Le Amministrazioni Pubbliche adottano i seguenti comportamenti:

1) predisposizione di misure atte a garantire la qualità e l'efficienza delle reti di distribuzione nonché la qualità dell'acqua potabile;
2) individuazione di standard ottimali di riferimento per i consumi di acqua potabile e per gli scarichi immessi nella rete fognaria e relativi sistemi di controllo;
3) promozione dell'utilizzo di tecniche di depurazione naturale;
4) promozione dell'utilizzo di tecniche per il recupero delle acque piovane e grigie;

## 5.ARIA

Le Amministrazioni Pubbliche adottano i seguenti comportamenti:

1) corretta localizzazione degli insediamenti edilizi in rapporto alle attività industriali;

2) individuazione degli intervalli di valori di inquinanti che possono essere immessi nell'atmosfera dagli edifici (in relazione alle attività di costruzione, ai materiali ed all'uso impiantistico);
3) definizione di standard ottimali per garantire la qualità dell'aria all'interno degli edifici.

## 6.SUOLO

Le Amministrazioni Pubbliche adottano i seguenti comportamenti:
1) ricorso a modelli insediativi compatibili con la morfologia dei luoghi;
2) utilizzo di indici di fabbricabilità espressi in termini di mq.n.u./mq. (metro quadrato netto utile su metro quadrato);
3) previsione di interventi che tengano presente la permeabilità del suolo

## 7.VERDE

Le Amministrazioni Pubbliche adottano i seguenti comportamenti:
1) utilizzo del verde come parametro di qualità bioclimatica in ambito urbano;
2) predisposizione di misure atte a garantire il rispetto delle specie locali ed il loro utilizzo per interventi di riqualificazione del territorio;

## 8.ENERGIA

Le Amministrazioni Pubbliche adottano i seguenti comportamenti:
1) predisposizione di misure ed utilizzo di tecnologie atte a garantire l'efficienza energetica nelle reti di distribuzione dei vettori energetici, utilizzando, ove possibile, le energie rinnovabili;
2) predisposizione di misure ed utilizzo di tecnologie atte a garantire l'efficienza energetica all'interno degli edifici di nuova progettazione o nel recupero del costruito, utilizzando, ove possibile, le energie rinnovabili;
3) adozione di standard ottimali di riferimento per i consumi di energia degli edifici (e relativi strumenti di controllo).

## 9.PROVVIDENZE E AGEVOLAZIONI

Le Amministrazioni Pubbliche adottano o promuovono, anche mediante incentivi, interventi di progettazione, ristrutturazione e manutenzione che, nelle loro diverse fasi, considerino e contemperino obiettivi energetici ed ambientali e, in particolare, interventi che a) considerino i dati climatici locali quali materiali primari; b) controllino i consumi di energia, il ciclo delle acque (piovane, grigie, potabili), le emissioni e i rifiuti; c) utilizzino prodotti ecocompatibili e materiali locali e tecnologie energetico-efficienti; d)considerino gli spazi esterni come parte integrante e non complementare del progetto degli edifici; e) prevedano una cantierizzazione ispirata ai principi energetico-ambientali.
Le Amministrazioni Pubbliche individuano incentivi e agevolazioni che rendano conveniente per i soggetti privati attenersi ai principi di cui al presente codice e indicono concorsi di progettazione edilizia di elevata qualità energetico-ambientale.
Le Amministrazioni Pubbliche, nell'ambito della propria autonomia impositiva, possono disporre riduzioni e agevolazioni tributarie e fiscali, e in materia di oneri di urbanizzazione, per interventi ad alta qualità energetico-ambientale
Le Amministrazioni Pubbliche adottano o promuovono anche mediante incentivi la produzione e la diffusione di sistemi e componenti edilizi ecocompatibili, anche mediante la redazione di Capitolati Speciali di Appalto.

Negli strumenti urbanistici sono esclusi dal computo delle Superfici Utili Nette tutti gli spazi utilizzati per realizzare e accogliere sistemi passivi di riscaldamento e/o di raffrescamento e, in genere, gli impianti tecnologici, (quali serre, terrazze continue per ventilazione incrociata).
Possono essere previsti incentivi per la realizzazione di interventi di accorpamento delle zone a verde nelle aree di pertinenza degli edifici.
Gli strumenti urbanistici incentivano, ove opportuno, interventi di progettazione e riqualificazione che privilegino l'utilizzo dello spazio delle coperture degli edifici sia a tetto-giardino, sia per il loro recupero a fini abitativi.

## 2.STRUMENTI URBANISTICI

### 10. PRINCIPI GENERALI

Gli strumenti urbanistici favoriscono l'integrazione funzionale e classificano il territorio in aree ove coesistano attività tra loro compatibili ed in aree di specializzazione, le quali comportano incompatibilità con altre attività.
La valutazione delle unità di paesaggio deve contribuire alla costruzione dell'apparato conoscitivo di base alle formazione di piani regolatori.
Gli strumenti urbanistici attivano processi di densificazione. Tale comportamento costituisce criterio di consumo del suolo anche in relazione alla riduzione dei costi di distribuzione dell'energia e agli spostamenti e rende più flessibile l'utilizzo di edifici e quartieri.
Negli strumenti urbanistici i criteri di contabilità ambientale (come specificato nell'art. 18 del presente Codice) costituiscono uno strumento di bilancio integrativo della contabilità economica e finanziaria.
Il recupero ottimale dell'urbanizzazione e dell'edificato esistenti e l'edilizia di sostituzione costituiscono criterio preferenziale rispetto alla creazione di nuovi insediamenti estensivi.
Gli strumenti urbanistici saranno corredati da schemi direttori di bonifica e di gestione delle acque piovane, al fine di garantire la salvaguardia del reticolo idrografico minore, la rinaturalizzazione dei corsi d'acqua, consentire l'irrigazione e, ove possibile, la pulizia degli spazi aperti connessi all'edificio;
Gli strumenti urbanistici saranno corredati da piani del verde che prevedano anche corridoi ecologici e trame verdi urbane per salvaguardare e promuovere la dotazione di spazi verdi;
Gli strumenti urbanistici saranno corredati da carte redatte utilizzando indici energetici fondiari (rapporto fabbisogno energetico/densità edilizia) per stabilire le priorità di intervento e per prevedere il fabbisogno energetico di edifici e gruppi di edifici.

### 11. CARTOGRAFIA DI BASE

Le carte tematiche devono contenere gli elementi relativi alla conoscenza del suolo e del sottosuolo (carte geologiche ed idrogeologiche, carte idrologiche con indicazione del reticolo idrografico minore, carte geomorfologiche, carte del rischio sismico, carte delle linee elettriche, dei gasdotti e metanodotti, carte della
distribuzione dei campi elettromagnetici).
Le carte tematiche devono contenere le indicazioni utili alla tutela dei cicli ecologici e del paesaggio (carta dei biotopi e dei corridoi naturalistici, carta delle unità di paesaggio).
Le carte tematiche devono contenere le indicazioni utili alla tutela e valorizzazione dell'eredità storica (carta dei beni storici, carta delle potenzialità archeologiche).

Le carte tematiche devono contenere le indicazioni utili alla tutela della salute pubblica (carta dell'inquinamento atmosferico, climi e microclimi urbani, studi epidemiologici territoriali che individuino i fattori di connessione con le caratteristiche ambientali e urbane).
Le carte climatiche devono contenere gli elementi relativi alla conoscenza della temperatura (media mensile della temperatura massima e minima), della pluviometria (media ed estremi mensili di quantità di precipitazioni), dell'umidità (media mensile dell'umidità assoluta), del soleggiamento (radiazione solare diretta e totale, ripartizione oraria della radiazione), dei venti (direzione e velocità).

### 12. MOBILITA' ATTORNO ALL'EDIFICIO

Gli strumenti urbanistici devono essere adottati, nel rispetto dei Piani Urbani del Traffico ove esistenti, anche tenendo conto della fluidità dei percorsi veicolari che possono influenzare gli edifici e devono prevedere piste ciclabili e pedonali.
Gli strumenti urbanistici privilegiano la creazione di parcheggi sotterranei preferibilmente situati al disotto degli edifici.

### 13. ACUSTICA

Devono essere applicate tutte le regole della compatibilità acustica degli insediamenti, con particolare riferimento sia alla remotizzazione delle sorgenti (insediamenti residenziali lontani dalla viabilità principale), sia nella progettazione funzionale dei quartieri, curando una disposizione acusticamente compatibile degli edifici e delle sorgenti e l'interposizione di elementi naturali (colline, dossi, ampie aree verdi) o artificiali (insediamenti di servizi) tra sorgenti e ricettori.

### 14. L'ASSETTO URBANO

La configurazione geometrica dei raggruppamenti di edifici dovrà tenere conto delle interazioni con i venti principali ai fini del raffrescamento e riscaldamento passivo di edifici e spazi aperti o, qualora necessario, prevedere elementi di protezione da correnti fredde.

## 3.PROGETTI DI INTERVENTO

### 15. PRINCIPI GENERALI

La durabilità del costruito e la conservazione delle risorse costituiscono obiettivi di pubblico interesse in tutti i progetti di trasformazione fisica del territorio.
Le fasi di concezione, realizzazione, gestione, trasformazione e demolizione del costruito devono garantire una relazione coerente con il sito, ed in particolare:
1) una gestione ecologica dei caratteri dell'area per il miglior utilizzo delle risorse (microclima, morfologia, vegetazione, altri edifici, caratteri del suolo e del sottosuolo, presenza di specchi d'acqua);
2) una congrua utilizzazione delle opportunità del sito (approvvigionamento energetico ed idrico, reti di distribuzione, mobilità, qualità dell'aria esterna);
3) un'organizzazione del lotto che preveda l'integrazione edificio/impianti/altri edifici/spazi aperti, la corretta mobilità pedonale attorno all'edificio, la riduzione del fenomeno delle "isole di calore urbano";

4) idonei accorgimenti volti ad ottenere la riduzione dei rischi di inquinamento per l'edificio, il vicinato e il sito, quali le emissioni di sostanze inquinanti dagli impianti e dai materiali, la riduzione dei rumori all'esterno, l'abbagliamento;
5) tendenziale azzeramento del bilancio idrico all'interno dell'area di pertinenza degli edifici, con lo scopo di ridurre al minimo l'apporto di acqua di pioggia in fognatura, attraverso accorgimenti tecnici e naturali finalizzati ad un suo recupero integrale.
Deve essere garantita una scelta integrata di sistemi e componenti. In particolare, devono essere garantite la adattabilità e durabilità degli edifici; l'uso di tecnologie appropriate (bioclimatiche, energetico - efficienti); una scelta ottimale dei procedimenti, che involga anche la conoscenze delle tecniche tradizionali locali e delle risorse umane in genere; una scelta ottimale dei prodotti con particolare preferenza verso i prodotti ecocompatibili e i materiali locali.
Gli impianti elettrici, idrici e del gas devono essere progettati con caratteristiche di durabilità e sicurezza; in particolare gli impianti elettrici devono essere progettati con ampi margini in modo da consentire, in condizioni di sicurezza, carichi aggiuntivi inizialmente non prevedibili.
Il cantiere deve essere organizzato in maniera da minimizzare gli impatti negativi sull'ambiente, in particolare la gestione dei rifiuti deve consentire la riduzione del trasporto a rifiuto del terreno di scavo, la eventuale utilizzazione in situ e il recupero dei materiali di demolizione.

## 16. GESTIONE ENERGETICO AMBIENTALE

Gli impianti devono essere progettati in maniera tale da garantire l'efficienza nel tempo.
Il ricorso alle energie rinnovabili è attuato mediante l'utilizzazione di sistemi solari attivi e passivi e di ventilazione naturale.
Il risparmio energetico è perseguibile anche mediante impianti di cogenerazione, teleriscaldamento e teleraffreddamento urbano, mediante sistemi centralizzati di climatizzazione a contabilizzazione individuale, di pompe di calore utilizzanti anche eventuali acque di falda e superficiali come pozzo di calore.
La gestione dell'acqua è volta ad assicurare la riduzione del consumo di acqua potabile (mediante l'adozione di sistemi a consumo differenziato), l'uso di acque non potabili, il riuso di acque grigie e la verifica della qualità dell'acqua mediante la previsione di idonei controlli che garantiscano l'efficienza degli impianti di distribuzione fino alle utenze.

## 17. SALUBRITA' E COMFORT

Le Amministrazioni Pubbliche curano che i progetti di intervento contengano prescrizioni volte alla limitazione dei rischi di inquinamento dovuto ai materiali, agli impianti, al loro uso e manutenzione, ai gas nocivi.
Le Amministrazioni Pubbliche curano che i progetti di intervento garantiscano:
1) la verifica delle condizioni degli ambienti a maggior rischio di inquinamento indoor;
2) la compatibilità elettromagnetica degli impianti;
3) il mantenimento e il miglioramento della qualità dell'acqua potabile, il trattamento delle acque non potabili, la gestione dei rischi dovuti all'uso di acque non potabili;
4) la stabilità e l'omogeneità delle condizioni di benessere anche in modo diversificato rispetto ad ambienti con caratteristiche termoigrometriche differenti;
5) l'isolamento acustico reciproco degli ambienti e rispetto all'esterno; la riduzione di fenomeni di riverberazione, eco, risonanza interni;

6) un adeguato utilizzo della luce naturale, la mancanza di fenomeni di abbagliamento o surriscaldamento;
7) il corretto illuminamento per luce artificiale ed il passaggio equilibrato e graduale dalla luce naturale a quella artificiale;
8) eliminazione dei cattivi odori derivanti da rifiuti, scarichi in fogna.
9) la ventilazione naturale controllata, diretta o indiretta, di tutti gli ambienti con attenta valutazione di quelli in sovrapressione o in depressione, anche mediante l'utilizzo di chiostrine;
10) la previsione obbligatoria dell'inserimento di locali idonei, finalizzati alla raccolta e stivaggio dei rifiuti differenziati destinati al riciclaggio e/o alla eliminazione.

## 18. RELAZIONE ECOSISTEMICA E DI EFFICIENZA GESTIONALE

I progetti di intervento saranno corredati da una relazione ecosistemica che, esplicitando logiche e criteri adottati, consenta la valutazione del costo energetico ambientale dell'intervento, con l'obiettivo della migliore valutazione del costo collettivo degli interventi.
La relazione conterrà anche i bilanci relativi all'utilizzo delle risorse, individuando i limiti massimi di consumo, secondo le indicazioni che seguono:
1) Energia: bilancio dei flussi energetici entranti e uscenti dall'edificio;
2) Acqua: bilancio del consumo dell'acqua contenente la percentuale dell'utilizzo dell'acqua piovana (filtrata naturalmente o depurata), la percentuale di acque grigie recuperate, i consumi di acqua potabile, il volume di acque grigie da mandare in fogna;
3) Aria: valutazione delle concentrazioni degli inquinanti noti e indicazione dello scostamento dai valori limite, sia per l'aria esterna, sia per l'aria interna;
4) Materiali: bilancio dei costi energetico ambientali per l'estrazione, la lavorazione, il trasporto, la posa in opera, l'uso e la dismissione; percentuale di materiali riciclati; percentuale di materiali riciclabili; materiali che possono contenere radon;
5) Paesaggio: bilancio ecologico contenente la valutazione degli assetti territoriali (morfologia, idrologia, ambiti di esondazione, visuali paesaggistiche), la percentuale di copertura vegetale, il bilancio dei trasporti per l'accesso, il bilancio della biodiversità.
La relazione conterrà anche indicazioni relative alla periodicità degli interventi di manutenzione che farà riferimento non solo ai singoli elementi ma anche ai componenti intesi come aggregazione di elementi.

## 6.5 – Estratto del Piano Energetico Comunale di Como

<u>Città di Como — Piano Enerqetico Comunale</u>

[…]

*5.1 Energia solare*

*5.1.1 Descrizione della risorsa*

**Fenomenologia**

L'energia radiativa emessa dal sole si propaga nello spazio senza interferenze fino al raggiungimento dei pianeti; al pianeta Terra, la sua atmosfera comincia a determinare una interferenza alla propagazione dell'energia raggiante che è costituita da un parziale assorbimento ed una parziale diffusione per riflessione. Poiché l'aria atmosferica è trasparente alla radiazione, salvo questa modesta interferenza descritta, la maggior parte dell'energia che arriva a limite dell'atmosfera raggiunge il suolo terrestre. Questa energia non solo è minore quantitativamente ma anche qualitativamente, in quanto alcune lunghezze d'onda subiscono un maggiore assorbimento nell'attraversamento dell'atmosfera.

II 48% della potenza irradiata ricade nella banda del visibile (lunghezze d'onda tra 0,38 e 0,78 mm, che danno all'occhio umano la sensazione della luce di diverso colore); il 45,6% nella banda dell'infrarosso (lunghezze d'onda maggiori di 0,78 mm) e solo una piccola parte nella banda dell'ultravioletto (lunghezze d'onda minori di 0,38 mm).

In termini quantitativi la "sorgente" energetica sole potrebbe soddisfare da sola tutta la nostra richiesta di energia necessaria per le esigenze di comfort e sviluppo. Essa presenta inoltre il grande vantaggio di essere pulita (non inquinante), disponibile gratuitamente in quantità praticamente illimitata nel tempo, e distribuita uniformemente sul territorio in quantità anche considerevole in valore assoluto.

Esistono pero motivi che riducono la potenzialità di tale fonte. Essa non è direttamente controllabile dall'uomo, ha un carattere periodico (si pensi alla variabilità stagionale e giornaliera), dipende dalle condizioni meteorologiche e dalla posizione della specifica località; si presenta con una bassa densità energetica.

Questi svantaggi possono essere superati solo sviluppando al meglio idonei sistemi di captazione, concentrazione ed accumulo. La captazione consiste nell'esporre alla radiazione solare una piastra di materiale assorbente che converta la radiazione in calore o direttamente in elettricità; la conversione è limitata in temperatura o in tensione dall'essere il flusso della radiazione incidente, detto *irradianza,* non superiore a 1 kW/m$^2$. Per aumentare tale flusso ed ottenere una conversione con produzione di calore a maggior temperatura o elettricità a maggior intensità, la radiazione può essere concentrata con mezzi ottici, cioè per riflessione di superfici che la ricevano e la riflettano localizzandola in un'area minore. II rapporto di concentrazione e pressappoco il rapporto tra l'area di riflessione e l'area di *focalizzazione* dell'energia riflessa, al netto delle perdite che si hanno nella riflessione.

L'accumulo del calore convertito consiste nel disporre di masse opportune che vengano riscaldate e possano mantenere l'energia termica alla temperatura del conferimento per un periodo sufficientemente lungo prima di cederla ad un utilizzatore.

**Quantificazione della risorsa**

Si può quantificare l'energia solare disponibile al suolo partendo dal valore che essa ha al limite dell'atmosfera e riducendolo opportunamente per ottenere il valore che raggiunge il suolo terrestre.

Si definisce *irradianza normale extratmosferica,* lo, l'energia solare incidente nell'unità di tempo su una superficie di area unitaria disposta normalmente ai raggi solari ed al limite dell'atmosfera terrestre (W/m$^2$). Essa dipende dall'energia emessa dal sole e dalla distanza tra il Sole (sorgente) e la Terra (ricevitore). Pur ritenendo costante in prima approssimazione l'energia emessa dal sole, l'eccentricità dell'orbita della terra intorno al sole determina una distanza mutua che varia durante l'anno (1,7%). È comunque possibile attribuite a lo un valore medio durante l'anno, che si può assumere pari a 1.367 W/m$^2$.
*L'irradianza globale istantanea incidente* su una superficie comunque orientata e inclinata (I), espressa in W/m$^2$, è somma della componente diretta ($l_d$), della componente diffusa (If) e della componente riflessa dal terreno e da altre superfici ($l_r$). I valori di irradianza su superfici orizzontali o verticali orientate nelle varie direzioni sono desumibili dai dati climatici della località.
Per i calcoli di programmazione energetica sono sufficienti i valori di irradianza globale su superfici orizzontali e su superfici verticali orientate a Sud (si veda Modulo 2), laddove per i calcoli impiantistici particolari sono necessari i dati per tutte le esposizioni.
In alternativa all'irradianza, che è una potenza per unità di superficie, ci si può riferire *all'irradiazione,* energia per unità di superficie, misurabile in MJ/m$^2$ ovvero kWh/m$^2$.

### *5.1.2 Tecnologie di impiego dell'energia solare*

**Captatori solari a bassa temperatura**

**Descrizione**
I captatori solari a bassa temperatura sono i componenti principali di tutti gli impianti che utilizzano l'energia solare per la conversione in energia termica. La loro finalità è raccogliere l'energia raggiante del sole e trasferirla ad un fluido utilizzato termovettore utilizzabile nei vari impieghi (produzione di acqua calda ad usi sanitari, riscaldamento, condizionamento con macchine ad assorbimento, ecc.).
La radiazione solare su di essi incidente è dell'ordine di 1 kW/m$^2$ e le temperature raggiungibili dal fluido non superano mai i 100 °C.
II più noto captatore solare a bassa temperatura è il pannello solare o collettore solare piano. Esso è generalmente costituito da una piastra assorbitrice canalizzata, generalmente di rame o di alluminio, che ha una faccia e annerita ed esposta alla radiazione solare. L'altra faccia è isolata posteriormente dall'ambiente mediante uno strato di isolante (lana di vetro o poliuretano espanso). Anteriormente il pannello e ricoperto da una o più coperture trasparenti che hanno lo scopo di limitare le perdite termiche per convezione e irradiazione dalla faccia superiore della piastra. Tali coperture devono essere trasparenti alla radiazione solare mentre devono risultare opache per la radiazione infrarossa emessa dalla piastra che si riscalda. II vetro è il materiale che offre queste garanzie. Esposto alla radiazione solare, il pannello si riscalda e cede energia termica al fluido termovettore che circola nella piastra. L'energia termica viene poi scambiata dal fluido termovettore con il liquido del circuito utilizzatore (ad esempio acqua di un impianto di riscaldamento). Considerata la variabilità giornaliera della fonte energetica primaria (l'energia solare), ad ogni sistema a collettori solari può essere accoppiato un accumulatore di calore (ad esempio un contenitore coibentato) che ha lo scopo di accumulare energia termica quando ne viene convertita di più di quanta ne venga utilizzata, e rendere tale energia termica disponibile quando l'irradiazione solare e insufficiente o assente.

Una seconda applicazione termica a bassa temperatura dell'energia solare è costituita dall'architettura solare passiva, cioè dalla possibilità di progettare edifici in modo da rendere massimo I'apporto dell'energia solare per la loro climatizzazione. Tra i sistemi solari passivi distinguiamo i *sistemi a guadagno solare diretto,* i *sistemi a guadagno solare indiretto* (muri di Trombe, camini solari) ed i *sistemi a guadagno termico misto* (serre).
Ampie superfici di vetrate esposte a sud consentono elevati valori di guadagno di energia solare per il riscaldamento invernale e la struttura dell'ambiente funge in tal caso da accumulatore. Le stesse vetrate devono essere protette dalla radiazione solare durante l'estate al fine di evitare surriscaldamenti dell'ambiente. Ciò può essere ottenuto con aggetti orizzontali o schermi (tapparelle, ecc).
Le *pareti ad accumulo* sono pareti esposte a sud, la cui faccia esterna è annerita, in modo da aumentare l'assorbimento della radiazione solare, e protetta da una o più superfici trasparenti alla radiazione solare. Le pareti presentano una elevata capacita termica, fungono da accumulatore e trasferiscono energia termica all'ambiente interno. Con aperture poste in alto ed in basso della parete, è possibile anche far circolare aria dall'ambiente tra l'accumulatore e la superficie trasparente, riscaldarla e contribuire al riscaldamento. Per ridurre le perdite della parete-accumulatore, durante la notte è necessario aumentare l'isolamento termico verso l'esterno.
Nel *camino solare* il sistema di captazione è sprovvisto di inerzia termica ed è separato dal sistema di accumulo. L'aria circola tra una parete isolata e la superficie trasparente esterna e si riscalda. L'accumulo termico avviene nel soffitto e nelle altre pareti dell'ambiente.
Prestazioni:
Un collettore solare ideale è quello che riesce a captare tutta l'energia solare su di esso incidente e a trasferirla al fluido termovettore. Nella realtà solo una parte dell'energia incidente (diretta, diffusa e riflessa) riesce ad essere trasferita. Il bilancio termico di un collettore solare può essere espresso dalla:

$$I_n \text{ x } A_c \text{ x}\tau \text{ x}\alpha = q_{ut} + q_p$$

Dove:

$I_n$ componente normale del flusso solare incidente sulla superficie del collettore ($W/m^2$)
$A_c$ superficie utile del collettore ($m^2$)
T coefficiente di trasmissione della copertura trasparente
$\alpha$ coefficiente di assorbimento della piastra captante
$q_{ut}$ calore trasferito dal collettore al fluido termovettore (W)
$q_p$ calore disperso verso l'ambiente (W)

Il *rendimento termico* o *efficienza* di un collettore $\eta_c$ è il rapporto tra il calore trasferito al fluido ed il flusso solare incidente, ovvero:

$$\eta_c = q_{ut}/A_c I_n$$

La quantità di calore $q_p$ dispersa da un collettore solare è data da:

$$q_p = U_L \text{ x } A_c \text{ x } (t_c - t_a)$$

dove:

$t_c$ = temperatura media della piastra assorbitrice (K)
$t_a$ = temperatura ambiente (K)

$U_L$ coefficiente di perdita globale, tiene conto del calore dissipato per conduzione, convezione e irraggiamento, quindi:

$$q_{ut} = A_c \times (\tau\alpha) \times I_n - A_c \times U_L \times (t_c - t_a)$$

Con semplici passaggi di sostituzione è possibile definire l'equazione dell'efficienza istantanea :

$$\eta_c = \tau\alpha - U_L (t_c - t_a)/I_n$$

Un'espressione utilizzata per calcolare l'efficienza di un collettore solare è anche la seguente:

$$\eta_c = F' (\tau\alpha) - F' U_L (t_{mf} - t_a)/I_n$$

dove F' è il *fattore di efflcienza* del collettore e $t_{mf}$ è la temperatura media del fluido.

Dall'equazione che definisce I'efficienza di captazione si osserva come I'uso di collettori solari è conveniente quando:
• *la temperatura di funzionamento dell'impianto $t_mf$ è relativamente bassa:* impianti di produzione di calda per usi sanitari, impianti di riscaldamento per piscine, applicazioni industriali a bassa temperatura; sono sconsigliate, le applicazioni che richiedono temperature più elevate come ad esempio il riscaldamento degli ambienti, se non si tratta di un impianto a pannelli radianti;
• *la temperatura esterna $t_a$ e relativamente elevata.* Gli impianti solari hanno rendimenti elevati in climi miti; è sconsigliabile impiegarli per soddisfare richieste energetiche quando le temperature dell'aria esterna sono relativamente basse;
• *// flusso solare I e elevato;* la radiazione solare è in genere maggiore nei periodi in cui è piu elevata la temperatura esterna, ad eccezione delle località di montagna dove è possibile avere dei periodi in cui I'intensità della radiazione solare è elevata mentre la temperatura esterna e bassa.

Nella tabella 5.1 sono riportati i valori dei coefficienti F'(τα) e F'$U_L$ di alcune tipologie di collettori solari piani commerciali.

**Limitazioni termofisiche**
Quando I'irradiazione e inferiore ad un determinato limite, il rendimento può assumere valori negativi. In effetti il collettore fornisce energia utile solo quando I è maggiore di un valore critico, il quale è tanto maggiore quanto maggiore è la differenza ($t_{mc}$ - $t_a$).
Questo fatto determina delle limitazioni di uso dei captatori piani.
Nella programmazione territoriale, salvo progetti specifici, è opportuno limitarsi ai seguenti usi (con $t_{in}$ si intende il valore della temperatura del fluido in ingresso nei collettori, mentre con $t_{out}$ si intende il valore in uscita):

• riscaldamento di piscine ($t_{jn}$ = 25°C; $t_{out}$ = 30°C);
• preparazione di acqua calda sanitaria ($t_{in}$ = 30°C; $t_{ou}$t = 45°C);
• riscaldamento ambientale mediante ventilconvettori ($t_{in}$ = 40°C; $t_{ou}$t = 50°C);

• altre preparazioni tecnologiche (ad esempio nell'industria alimentare) ($t_{in} \leq 40$ °C; $t_{ou}t \leq 50$ °C);
• preriscaldamenti vari ($t_{In} \leq 40$°C; $t_{out} \leq 50$°C).

Introduciamo allora *I'utilizzabilita dell'energia Φ* come frazione di energia solare utilmente captata, rispetto a quella ricevuta con intensità superiore ad un livello critico, per il quale η sia positivo.
Definendo un valore di *Φ* medio annuale, $\Phi_a$, esso rappresenta il rendimento medio di captazione positiva; moltiplicando $\Phi_a$ per I'irradiazione annuale ricevuta da una superficie al suolo terrestre, si ottiene I'energia annuale utile trasferibile all'utilizzatore.
In prima approssimazione, valida per gli scopi della pianificazione territoriale nel territorio italiano, ma non per il calcolo impiantistico:

$\Phi a = 0{,}60$ per $t_{in} = 25$°C; $t_{ou}t = 30$°C;
$\Phi a = 0{,}45$ per $ti_n = 30^oC$; $t_{out} = 45^oC$;
$\Phi a = 0{,}35$ per $t_{in} = 40$°C; $t_{out} = 50$°C;

**Altre limitazioni**

La principale limitazione non termodinamica sta nel fatto che le superfici al suolo terrestre, dove possono essere sistemati i captatori (la superficie del suolo o delle coperture o delle facciate degli edifici) ancorchè libere da altri usi o funzioni non sono completamente ricopribili di captatori. Infatti, a meno di non distendere i captatori su tali superfici, essi devono essere installati in modo da non proiettare ombra su quelli contigui. Nel caso di captatore installato al suolo o su copertura orizzontale ed esposto a sud con inclinazione sull'orizzontale pari a L±10%, la ricopribilità, definita come rapporto tra la superficie captante e quella area su cui è sistemata al fine di non ombreggiare i captatori contigui risulta mediamente di 0,60 per le latitudini italiane.

**Impatto ambientale**

L'unico impatto ambientale può essere quello visivo: nelle norme comunali di attuazione del piano energetico o nei piani paesaggistici possono essere indicate le modalità di installazione che minimizzino tale impatto e impongano limitazioni dimensionali (soprattutto in altezza). Può essere favorito allo scopo I'inserimento dei captatori negli elementi di copertura o di facciata, anche allo scopo di ridurre i costi delle medesime, nel caso di nuove costruzioni. Si tenga presente che tale installazione presenta difficoltà per assicurare la tenuta all'aria e all'acqua delle coperture e facciate e che quindi la piastra captante deve essere trattata con la tecnologia dell'inserimento nei telai delle facciate continue o degli infissi.

**a. Celle fotovoltaiche per la conversione diretta**

**Descrizione**

Con questa tecnologia si sfrutta la proprietà di alcuni materiali, tra i quali il silicio, di generare energia elettrica quando vengono colpiti dalla radiazione solare. Rappresenta pertanto una tecnologia che permette di ottenere dal sole direttamente energia elettrica.
Un impianto fotovoltaico è costituito da celle fotovoltaiche, componenti semiconduttori che realizzano la conversione diretta di energia solare in energia elettrica, inserite in modula, connesse elettricamente tra loro e racchiuse in un involucro sigillato. Più moduli sono inseriti in un pannello e sono esposti alla radiazione solare. Altri componenti dell'impianto sono un sistema di accumulo, costituito da batterie di accumulatori, con il compito di volano tra I'energia generata dal campo e quella richiesta dal carico, e un inverter che trasforma la corrente continua generata dall'impianto in corrente alternata.

Le celle fotovoltaiche sono in genere costituite da uno dei seguenti materiali: silicio, fosfuro di indio, arseniuro di gallio, tellurio di cadmio, fosfuro di gallio, solfuro di cadmio. Quello più utilizzato è però il silicio che ha anche il valore di efficienza teorico della conversione più alto (24%). Prove eseguite in laboratorio hanno dimostrato che difficilmente il valore dell'efficienza di conversione supera il 18%. In ogni caso i materiali impiegati devono essere molto puri.

**Prestazioni**
Le prestazioni della singola cella sono valutate in termini di rendimento $\eta_{cel}$ definito come:

$$\eta_{cel} = P_{cel} / (A_{cel}\, I)$$

dove $P_{cel}$ è la potenza elettrica (W) fornita dalla cella e $A_{cel}$ I'area della cella ($m^2$) esposta alla radiazione solare di irradianza I.
II rendimento di un modulo costituito da n celle e di area totale A è:

$$\eta_{mod} = P_{cel}\, n / (Amod\, I) = FR\, \eta_{cel}$$

con FR fattore di riempimento del modulo pari a:

$$FR = n\, (A_{cel}l / A_{mod})$$

Le prestazioni globali di un impianto fotovoltaico possono essere condotte con metodi basati sull'utilizzabilità della radiazione solare. Il metodo proposto si basa sull'ipotesi di carico elettrico costante. L'energia elettrica del giorno medio del mese, $E_e$ (kWh), fornita da un campo fotovoltaico in cui $A = \Sigma A_{mod}$ e l'irradiazione media giomaliera del mese sia $E_s$ ($kWh/m^2$), è pari a:

$$E_e = A\, \eta_{mod}\, E_s$$

dove $\eta_{mod}$ è il rendimento medio annuale del modulo (si applica con sufficiente approssimazione anche al mese) che può essere assunto, per le tecnologie commercialmente disponibili:

silicio monocristallino $\eta_{cel} = 0.3$; $\eta_{mod} = 0.12$ (per celle quadrate)
silicio policristallino $\eta_{cel} = 0.11$; $\eta_{mod} = 0.10$ (per celle quadrate)
silicio amorfo $\eta_{cel} = 0.07$; $\eta_{mod} = 0.07$

Moltiplicando il valore $E_e$ per i giorni del mese si ottiene I'energia elettrica media del mese.
Analogamente si può estendere la procedura al calcolo annuale, per cui

$$E_e = A\, \eta_{mod}\, E_s$$

In questo caso $E_e$ e $E_s$ sono rispettivamente I'energia elettrica annualmente convertita e I'energia solare annualmente captata (kWh).

**Limitazioni**
Al contrario dei captatori termici, le celle fotovoltaiche non presentano limitazioni termofisiche; quando arriva radiazione esse la convertono in elettricità senza necessità di superamento di valori di soglia o critici. Sussistono pero le medesime limitazioni di

ricopribilità nella stessa misura dei 60% delle coperture piane per moduli inclinati di L ±10% sull'orizzontale.

**Impatto ambientale**

Si possono fare le stesse considerazioni già fatte per i captatori termici. Poiché I'energia da trasportare e quella elettrica, non già quella interna termica di un fluido, le connessioni all'utilizzazione sono più semplici: ciò determina una maggiore flessibilità di adattamento spaziale dei moduli fotovoltaici che possono assumere configurazioni anche di interesse architettonico e funzionale, come coperture di parcheggi di aree di servizio ecc.

[…]

## Coibentazioni degli edifici

**Descrizione**

Gli interventi per ridurre le dispersioni in edifici esistenti tendono ad aumentare la resistenza al passaggio del calore attraverso I'involucro e quindi a diminuire la trasmittanza delle diverse strutture con I'inserimento di uno o più strati di isolanti.
La scelta dei materiali da utilizzare e la determinazione dei relativi spessori vengono effettuate in modo da rispettare i vincoli proposti dalle norme di legge e sulla base di precise valutazioni tecnico-economiche. La stessa legge 10/91 individua dei parametri e dei criteri che determinano in prima approssimazione la convenienza di interventi volti al risparmio energetico; vengono ad esempio considerati convenienti, e quindi finanziabili, quegli interventi che consentono un risparmio energetico, riferito al singolo componente, non inferiore al 20%.
A parità di salto di temperatura, il flusso termico è direttamente proporzionale alla trasmittanza dell’elemento considerato e si può pertanto ritenere che una produzione del consumo energetico non inferiore al 20% comporti una pari riduzione della trasmittanza della struttura o meglio ad un corrispondente aumento della resistenza.
La legge 10/91 fissa poi delle regole tecniche per gli interventi di coibentazione sugli edifici esistenti, regole che sono riportate nella "tabella A" che ora riassumiamo.

Per le strutture da coibentare I'intervento deve comportare un aumento della resistenza termica della superficie trattata almeno pari a:

$$R = a \times \Delta t$$

dove:
R resistenza termica ($m^2$ K/W)
Δt salto termico di progetto definito dall'art. 21 del DPR n. 1052 del 28/7/90 (°C)
a coefficiente indicato di seguito per i singoli interventi

| Struttura da coibentare | Coefficiente "a" |
|---|---|
| Sottotetti non praticabili e non riscaldati | 0,086 |
| Terrazzi, porticati, coperture praticabili e pareti d'ambito isolate dall'estemo o dall'interno | 0,034 |

| Pareti d'ambito isolate nell'intercapedine | senza limitazione |
| --- | --- |
| Doppi vetri | deve essere assicurata una tenuta all'aria dei serramenti corrispondenti almeno ad una permeabilità dell'aria inferiore a 6 $m^3/h$ per metro di giunto apribile e di 20 $m^3/h$ per $m^2$ di superficie apribile in corrispondenza di una differenza di pressione di 100 Pa |

La resistenza termica da aggiungere alla struttura dipende quindi, a parità di intervento, dal $\Delta t$ di progetto. Noto questo valore, e nota la conduttività $\lambda$ del materiale ritenuto più idoneo per il tipo di applicazione, lo spessore minimo da prevedere per rientrare nelle prescrizioni tecniche riportate nella tabella A della legge 10/91 e ricavabile direttamente dalla relazione:

$$s = \lambda \times (a - \Delta t)$$

dove lo spessore s è espresso in m.

La resistenza termica dello strato di materiale isolante aggiunto al componente edilizio non è invece direttamente correlabile alla riduzione del flusso termico; risultano infatti più efficaci gli interventi di coibentazione realizzati con gli stessi materiali isolanti su strutture edilizie aventi elevati valori di trasmittanza.
La figura 5.1 evidenzia che I'inserimento di uno strato isolante comporta una riduzione percentuale della trasmittanza in funzione dello spessore e che tale riduzione, a parità di spessore di isolante di conduttività nota, aumenta quanto più alto è il valore della trasmittanza della struttura edilizia prima dell'intervento.

***Isolamento delle pareti esterne***

Le tecniche di isolamento delle parete esterne si differenziano per la diversa successione degli strati ed il conseguente differente comportamento della struttura su cui sono posizionati. Molte volte la scelta del tipo di coibentazione è influenzata da particolari vincoli (statici, estetici, di ingombro) che non consentono una effettiva ottimizzazione tecnico-economica. Per le pareti verticali sono di seguito sommariamente descritte alcune tipologie di coibentazione più frequentemente utilizzate per ridurre le dispersioni termiche in edifici esistenti.

***Coibentazione di pareti verticali dall'estemo "a cappotto"***

Consiste nell'applicare sulla faccia esterna della parete un pannello di materiale isolante ricoperto da un intonaco, rinforzato da una armatura e completato da uno strato di finitura.
Questo tipo di coibentazione consente di eliminare i ponti termici e i fenomeni di condensazione del vapor d'acqua, migliora I'inerzia termica dell'edificio ed aumenta la temperatura superficiale degli strati costituenti la struttura edilizia.
Questa soluzione è possibile se si dispone di materiali isolanti aventi ottime caratteristiche meccaniche e tecniche per resistere agli agenti atmosferici e per consentire una posa adeguata.
Idonea permeabilità al vapore e capacità di assorbimento dell'acqua meteorica quasi nulla completano i dati prestazionali dei "cappotti esterni". I materiali più usati

sono il polistirene espanso e la lana minerale; sono da evitare feltri in fibre minerali per le loro scarse caratteristiche meccaniche. Solitamente la posa del cappotto è effettuata a circa 2 m sopra il piano di calpestio per evitare danni da urti.

### *Controparete interna*

L'intervento consiste nell'applicare sulla faccia interna di una parete ad elevata trasmittanza una controparete isolante formata da lastre o pannelli rigidi. Importante è la sigillatura dei giunti che avviene con apposite bande ed intonaci speciali.
Questa soluzione è più economica e di più facile esecuzione, anche se la sigillatura dei giunti deve essere particolarmente accurata.
È consigliabile per edifici con intermittenza d'uso e a bassa inerzia termica; la scarsa capacità di accumulare calore di una struttura di questo tipo rende però probabili i fenomeni di condensazione e quindi, se I'isolante non ha una elevata resistenza alla diffusione del vapore, è consigliabile I'uso di una barriera al vapore sulla faccia interna della controparete.
Con questo intervento vengono eliminati i ponti termici relativi ai giunti fra parete e serramento e quelli fra spigoli verticali, mentre rimangono quelli fra pareti e solette.

### *Insufflaggio di materiale isolante nell'intercapedine*

Questo intervento consiste nell'insufflare un idoneo coibente nell'intercapedine di una muratura esistente, attraverso fori (diametro circa di 35 mm), praticati nella parete, a distanza di circa 2 m. Le resine poliuretaniche sono le più adatte; si possono usare le resine ureiche meno costose o anche materiale sfuso inerte, quale argilla espansa in granuli, vermiculite, perlite, con risultati però più scadenti per la difficoltà di riempimento di tutte le cavità dell'intercapedine. Questo tipo di isolamento aumenta I'effetto dei ponti termici nella struttura.

### *Parete ventilata*

È un sistema di isolamento della parete esterna, con costi elevati, ma che somma ai vantaggi della coibentazione a cappotto quello di una efficace ventilazione della struttura muraria.
I moti convettivi dell'aria nell'intercapedine possono provocare una modesta riduzione del potere isolante dello strato coibente, ma la lama d'aria comporta una notevole protezione dalla radiazione solare conseguente "all'effetto camino" che si verifica nell'intercapedine una volta che il calore assorbito dal rivestimento viene ceduto all'aria, proteggendo la struttura e I'isolante da stress termici. La lama d'aria favorisce poi I'eliminazione del vapor d'acqua che migra dall'interno. Questo sistema e di facile manutenzione in quanto gli elementi del rivestimento sostituibili, di contro e difficile la realizzazione "a regola d'arte" delle giunzioni fra gli elementi stessi. II rivestimento può essere di materiali vari: intonaco su rete, lastre prefabbricate, doghe metalliche, materiali lapidei, ecc.
Per la posa in opera si posizionano sul muro esterno dei correntini verticali fra i quali sono alloggiati i pannelli di isolamento, si applica quindi l'orditura orizzontale che crea un'intercapedine (2-5 cm), infine si posa il rivestimento lasciando due aperture, all'estremità inferiore e superiore, protette da apposite griglie che garantiscono la ventilazione delle parete.

*Coperture piane*

Le dispersioni attraverso la copertura di un edificio sono una parte significativa delle perdite per trasmissione attraverso l'involucro; un intervento di isolamento di questo componente edilizio è utile sia dal punto di vista del risparmio energetico che del miglioramento del comfort abitativo.
Nel caso di coperture piane e importante prevedere una buona impermeabilizzazione per evitare infiltrazioni di acqua per evitare il deterioramento della struttura e dell'isolamento a causa di infiltrazioni d'acqua.
I sistemi più comuni di isolamento termico della copertura sono qui di seguito illustrati.

*Isolamento estradosso "tetto caldo"*

Lo strato di materiale isolante è posto al di sotto dello strato di impermeabilizzazione; con questa soluzione lo strato esterno è soggetto, per effetto della radiazione solare, a notevoli sollecitazioni provocate dalla variazione di temperatura e dalle radiazioni ultraviolette, che possono modificarne le caratteristiche fisiche e quindi funzionali.
Questo inconveniente può essere evitato sovrapponendo uno strato di protezione, ad esempio la ghiaia di grossa granulometria, o da altro materiale che renda anche pedonabile la copertura.
Difficoltoso è il fissaggio del manto impermeabile sul sottostante strato isolante.

*Isolamento estradosso "tetto rovescio"*

In questo caso I'isolamento termico è posto al di sopra dello strato di impermeabilizzazione e quindi è I'isolante ad essere sottoposto agli effetti della radiazione solare e degli altri agenti atmosferici. Devono essere utilizzati materiali coibenti ad alta densità, con bassa capacità di assorbimento di acqua e una buona resistenza. Questo sistema di isolamento non necessita di barriera al vapore in quanto questa funzione è assolta dallo strato impermeabile.

*Controsoffitto interno*

L'intervento consiste nel posizionare uno strato di materiale isolante direttamente sulla parte interna del solaio o ad una certa distanza da questo. È evidente l’interferenza, positiva o negativa a seconda delle situazioni, che il controsoffitto può avere con gli impianti tecnologici interni, compresi corpi illuminanti e bocchette destinate all'immissione dell'aria. Per quanto riguarda la posa si può operare in due modi:

- con pannelli isolanti autoportanti, fissati direttamente al solaio con elementi di aggancio
- mediante la creazione di una struttura di sostegno a cui vengono agganciati i pannelli, che consente di realizzare un'intercapedine per il passaggio di cavi, tubi e canali.

*Coperture a falde*

Quando la copertura dell'edificio da coibentare è a falde I'intervento di isolamento può essere attuato sulla superficie inclinata oppure sull'ultimo solaio piano. Se il locale

sottotetto non è utilizzato si ricorre solitamente all'isolamento dell'ultima soletta piana, riducendo così il volume da riscaldare.

***Pannello sottotegola***

L'isolamento è posto direttamente sotto le tegole, che vengono ancorate ad esso senza I'ausilio degli usuali listelli di legno. Se l'intervento è effettuato in un edificio esistente, è necessario verificare che il sovraccarico derivante dalla posa dei pannelli sia compatibile con la struttura e che il piano di posa sia impermeabilizzato; bisogna poi ripristinare il battente sul lato gronda con un listello di legno o con un cordolo perimetrale in cemento per ancorare la grondaia e le tubazioni verticali.
Se necessario deve essere prevista una barriera al vapore, dove si appoggiano i pannelli in modo continuo per evitare ponti termici.
Con forti pendenze il fissaggio dei pannelli e delle tegole deve essere meccanico.

***Isolamento su solaio sottotetto***

L'intervento consiste nella posa sulla parete superiore del solaio di uno strato di materiale isolante ed eventualmente di un ulteriore strato di materiale vario che renda praticabile il solaio per la manutenzione del tetto.
La finitura superficiale può essere costituita da uno strato di imboiaccatura (10 kg/$m^2$), da lastre in legno-cemento posate a secco direttamente sull'isolante, da una cappa in sabbia e cemento (2-3 cm), da piastrelle. La soluzione scelta, nel caso di interventi in un edificio esistente, deve essere compatibile con la portata del solaio.

***/ solai inferiori***

L'isolamento dei solai inferiori, ossia quelli che delimitano l'involucro del locale in questione con I'estemo (pilotis) oppure con ambienti non riscaldati (cantine, magazzini, box, ecc.) il più delle volte diventa indispensabile per ripristinare delle situazioni di comfort. II risparmio energetico ottenibile, in questo caso, deve essere valutato tenendo conto che una buona coibentazione dei locali bassi, più esposti, consente di ridurre la temperatura ambiente e di riequilibrare, quindi, la distribuzione del calore. Non sono rari, infatti, i casi in cui, per garantire ai piani bassi una temperatura appena accettabile e necessario surriscaldare gli altri ambienti con inevitabile spreco di combustibile.
L'intervento avviene quasi sempre dall'esterno, questo per mantenere praticamente intatta la pavimentazione.
Nel caso in cui la soletta confini con un locale chiuso (cantina, box, ecc.) può essere necessario applicare all'esterno, quindi in corrispondenza del soffitto del locale di confine, un pannello di materiale isolante di spessore adeguato, calcolato per mantenere all'interno una temperatura superficiale accettabile.
Nel caso in cui la soletta confini con uno spazio aperto (pilotis) e invece necessario prevedere, in aggiunta al materiale isolante, una protezione verso gli agenti atmosferici esterni. Normalmente si prevede una finitura esterna con intonaco plastico oppure con l'applicazione di un controsoffitto.

### *Le superfici vetrate*

I serramenti esterni sono un elemento molto complesso dell'involucro edilizio sia dal punto di vista delle prestazioni che dal punto di vista dell'importanza estetica che ricoprono. Infatti le superfici vetrate devono permettere la captazione dell'energia solare (fattore tenuto in considerazione dalla normativa vigente - legge 10/91 - come un apporto gratuito di energia) e devono consentire un adeguato livello di illuminazione e di ventilazione garantendo nello stesso tempo una non elevata dispersione termica. II tentativo di minimizzare le dispersioni termiche ha portato alla produzione di serramenti dalla tenuta all'aria sempre maggiore che non favoriscono il ricambio d'aria con il conseguente peggioramento della salubrità degli ambienti confinati. Gli interventi possibili per un miglioramento energetico delle superfici finestrate vanno dalla semplice sostituzione del vetro singolo con uno doppio alla sostituzione completa del serramento.

### *Sostituzione vetro singolo con vetro doppio*

Questo tipo di intervento può essere effettuato o con l'aggiunta di una seconda lastra di vetro a pochi millimetri dalla preesistente o con la sostituzione del vetro esistente con una lastra di vetrocamera. La prima soluzione, più economica, presenta lo svantaggio di possibili condense all'interno dell'intercapedine (per la presenza d'aria) ed e quindi preferibile l'adozione della seconda possibilità. Prima di procedere alla sostituzione del vetro singolo e necessario verificare sia lo stato del telaio esistente, ed in caso consolidare le parti danneggiate, sia che il peso aggiuntivo del vetrocamera sia sopportato dalla struttura esistente, essendo il peso della nuova superficie vetrata circa il doppio della precedente.

### *Sostituzione completa serramento*

L'intervento più completo è la sostituzione completa del serramento esistente con uno nuovo dalle prestazioni migliori, con un sicuro risparmio energetico, anche se bisogna sottolineare che, tenuto conto l'elevato costo dei serramenti, i risparmi ottenuti sono difficilmente ammortizzabili. Attualmente sono in commercio telai in acciaio, in alluminio, in materiale plastico (PVC) e naturalmente in legno. Nella scelta del tipo di telaio, oltre a fattori estetici, è importante il problema della condensazione superficiale che può verificarsi sui telai metallici che per ovviare a questo devono avere il cosiddetto "taglio termico".
Per un intervento globale è importante anche la scelta del tipo di vetro, ormai disponibile sul mercato in diverse tipologie con differenti prestazioni, che devono essere considerate per una scelta energetica consapevole.

### **Prestazioni**

Gli isolanti opachi presentano una conduttività termica che si aggira sui 5-10 $W/m^2\,^oC$.
L'apposizione di una resistenza termica addizionale uguale a quella preesistente, dimezza la potenza termica trasmessa per diffusione; una resistenza termica addizionale uguale a due volte quella preesistente, riduce a un terzo la potenza termica trasmessa per diffusione; una resistenza termica addizionale uguale tre volte la preesistente, riduce ad un quarto la potenza termica trasmessa per diffusione. Poiché la potenza termica di climatizzazione dipende anche dal fabbisogno per il rinnovo dell'aria

negli ambienti, il raddoppio della resistenza termica abbassa il fabbisogno energetico complessivo al 70%, la triplicazione al 50% e la quadruplicazione al 35%.

**Limitazioni**

Limitazioni possono derivare nella pratica dal cappotto esterno, difficilmente realizzabile su facciate di interesse architettonico ed ambientale o a causa di regolamentazioni comunali che in tal caso è opportuno rimuovere o rendere compatibili con la pianificazione energetica locale.

[…]

### 6.1 *Valutazione del potenziale reale*

#### 6.1.1 *Energia solare*

La potenzialità nel territorio del Comune di Como della risorsa solare con collettori a bassa temperatura può essere valutata attraverso la stima dell'energia solare annua per unità di superficie effettivamente captata e della disponibilità sul territorio di superfici potenzialmente captanti. Ipotizzando l'installazione dei collettori sulle coperture piane e sulle coperture a falda il fattore di occupazione può essere valutato rispettivamente pari a 0,5, e a 0,3, tenendo dei diversi orientamenti che limitano notevolmente le possibilità di installazione per le coperture a falda.
La valutazione dell'area disponibile può essere fatta da un rilevamento planimetrico mediante scansione, se si possiedono cartografie computerizzate del territorio comunale, ovvero con operazione manuale. In questo caso è necessario procedere attraverso un campionamento degli edifici, da estendere all'intero territorio mediante opportuni parametri. Questo tipo di approccio, tuttavia, definisce ancora un potenziale teorico che tiene conto di quanti collettori solari possono essere installati, quindi dell'energia captabile, ma non tiene conto di una serie di parametri che definiscono in modo più reale l'effettiva utilizzabilità del potenziale così definito.
Un approccio più corretto è quello che parte dal fabbisogno tipologia dell'utenza, (energia termica sostituibile con la fonte energetica solare) per affrontare gli aspetti economici ed i vincoli tecnologici. Dalla equazione che definisce l'efficienza di un collettore solare piano si osserva che l'energia solare assorbita nell'unita di tempo dipende da:

- condizioni climatiche esterne (In, ta);
- condizioni operative (temperatura media di funzionamento $t_m$f, temperatura esterna tc);
- caratteristiche costruttive del collettore solare (τα, $U_L$).

Essendo I'efficienza di captazione inversamente proporzionale al rapporto ($t_m$r$t_a$)/l , e l'uso di collettori solari e conveniente quando:
- *la temperatura di funzionamento dell'impianto $t_{mf}$ e relativamente bassa:* impianti di produzione di calda per usi sanitari, impianti di riscaldamento per piscine, applicazioni industriali a bassa temperatura; sono sconsigliate, le applicazioni che richiedono temperature più elevate come ad esempio il riscaldamento degli ambienti;

• *la temperatura esterna $t_a$ è relativamente elevata;* gli impianti solari hanno rendimenti elevati in climi miti; è sconsigliabile impiegarli per soddisfare richieste energetiche quando le temperature dell'aria esterna sono relativamente basse;
• *// flusso solare I è elevato;* la radiazione solare è in genere maggiore nei periodi in cui è più elevata la temperatura esterna, ad eccezione delle località di montagna dove è possibile avere dei periodi in cui l'intensità della radiazione solare è elevata mentre la temperatura esterna bassa.

Per una valutazione di massima dell'effettivo potenziale a scopi di pianificazione, riteniamo realistico considerare le applicazioni che consentono all'impianto di operare con la massima efficienza come ad esempio la produzione di acqua calda ad usi sanitari.

Alla latitudine di Como, la produzione di acqua calda per uso igienico-sanitario con pannelli solari richiede mediamente 1-2 $m^2$ a persona; questa applicazione è interessante per i modesti costi di investimento e perché l'uso dell'energia solare è esteso a tutti i periodi dell'anno, con un tempo di ammortamento breve (circa 5 anni).
L'acqua nel circuito primario viene fatta circolare da una pompa dal collettore allo scambiatore; la pompa del circuito secondario fa circolare l'acqua dallo scambiatore al serbatoio di accumulo (~0,05 $m^3/m^2$ di collettore).
Un termostato differenziale interrompe la circolazione quando la temperatura dell'acqua nel collettore non supera di 2-3°C la temperatura dell'acqua nel serbatoio di accumulo.
L'acqua accumulata può essere inviata direttamente all'utenza oppure riscaldata ulteriormente da un sistema integrativo.

Ogni intervento impiantistico deve essere preceduto da un accurato bilancio costi-benefici che evidenzi il tempo di ritorno dell'investimento in relazione alle reali condizioni di soleggiamento e all'andamento temporale di utilizzazione del calore da parte dell'utenza.
A differenza delle fonti di energia convenzionale, l'energia solare non sempre è disponibile quando occorre ed è quindi necessario immagazzinare il calore in sistemi di accumulo con funzione di volano termico per poi utilizzarlo quando l'utenza lo richiede. Per evitare ingombranti e costosi sistemi di accumulo, gli impianti solari non forniscono quasi mai la completa autonomia energetica ma viene previsto un impianto integrativo alimentato con combustibile tradizionale. Nel caso della produzione di acqua calda ad usi sanitari risulta conveniente garantire una copertura del fabbisogno termico compresa tra il 50 ed il 60% del carico complessivo.
L'integrazione offerta dall'impianto solare ovviamente varierà in funzione delle condizioni climatiche. I valori medi annui indicati garantiscono una copertura quasi globale nei mesi estivi ed una copertura più modesta, a volte trascurabile, in quelli invernali.
Nel bilancio economico si deve ovviamente tenere conto che gli impianti solari richiedono operazioni di manutenzione più frequenti e più costose rispetto a quelli tradizionali.
Un aspetto di grande importanza nella fase di progettazione architettonica riguarda l'inserimento dell'elemento di captazione dell'energia solare nella struttura stessa dell'edificio, in copertura o in facciata, che può comportare una riduzione dei costi di investimento ed anche di gestione perché conferisce all'edificio una maggiore inerzia termica.

Una valutazione puramente teorica del potenziale energetico dell'energia solare per gli usi termici sopra definiti (produzione di acqua calda ad usi sanitari) relativamente all'area comunale di Como è la seguente:

Settore residenziale

Nel settore residenziale il consumo medio annuo di acqua è valutabile in circa 3.500.000 $m^3$/anno corrispondenti ad un consumo medio pari a circa 120 I/persona x d.

Supponendo che circa il 40% del consumo sia acqua calda per usi sanitari (valori medi nazionali ENEA/ENEL) i consumi di energia $Q_{acs}$ possono essere calcolati con la relazione:

$$Q_{acs} = V \times \Delta T \times C_p / \eta_t$$

Dove:
V = consumo globale di acqua
$\Delta T$ = differenza di temperatura tra utilizzo ed alimentazione dalla rete (°C)
$C_p$ = calore specifico (4.187 $MJ/m^3K$)
$\eta_t$ = efficienza globale del sistema di produzione

Assumendo la temperatura dell'acqua in ingresso a 15°C e una temperatura di utilizzo di 45°C con un valore medio dell'efficienza pari a 0,45 il consumo energetico annuo è di circa 400 TJ.
Questo valore confrontato con il consumo totale nel comparto residenziale (circa 2500 TJ), indica che la produzione dell'acqua calda ad usi sanitari incide per il 15%.
Considerando di integrare tutti i sistemi di produzione dell'acqua calda con impianti solari, e considerando altresì che questi consentano una copertura media del carico del 50%, il potenziale teorico è di 200TJ/anno.
II potenziale teorico si riduce drasticamente se si considerano gli aspetti applicativi e quelli economici. Dal punto di vista tecnico si può osservare che l'installazione di questi sistemi è conveniente solo nel caso di edifici già dotati di un sistema di produzione di acqua calda centralizzato.

Settore pubblico
Per le utenze comunali il consumo medio di acqua è di circa 540.000 m/anno; il consumo di acqua calda è difficilmente estrapolabile.

- Celle fotovoltaiche per la conversione diretta
L'elevato costo delle celle fotovoltaiche in relazione al potenziale elettrico che esse sono in grado di offrire ne giustifica l'impiego solo per utenze isolate non collegate alla rete elettrica.
Nel territorio comunale in esame non vi sono possibilità di applicazione economicamente compatibili.

*6.1.7 Uso razionale dell'energia e risparmio energetico*

*[...]*

*6.1.7.3 Interventi di risparmio energetico negli edifici*

II settore residenziale consuma circa 2500 TJ/anno; di cui per la produzione di acqua calda ad usi sanitari circa 400TJ/anno. II consumo di energia per il solo riscaldamento, è pertanto pari a 2100 TJ/anno.

II procedimento più utilizzato per determinare i fabbisogni energetici in questo settore e quindi individuare i possibili interventi, consiste nel valutare una serie di parametri caratteristici di ciascun edificio, allo scopo di determinare i fabbisogni termici attraverso un'analisi della struttura edilizia.

Gli elementi più significativi sono:

- le caratteristiche dimensionali dell'edificio e le sue destinazioni d'uso;
- il fattore di forma;
- l'orientamento e l'interferenza con altre strutture;
- le caratteristiche termiche dell'involucro.
- lo stato di manutenzione dell'edificio;
- la tipologia dell'impianto di riscaldamento;
- le caratteristiche climatiche.

Per il calcolo dei consumi energetici di ciascuna tipologia edilizia si può utilizzare la metodologia indicata dal DPR 412/93 (valutazione del FEN, fabbisogno energetico normalizzato, con la UNI 10344).
Una procedura adottabile in questo caso è l'analisi di tipo che non prevede indagini sul campo e si adatta, quindi, alla elaborazione di bilanci energetici su aree territoriali estese. Per applicare questa metodologia devono essere determinati alcuni fattori parametrici di valutazione (i consumi specifici) e individuare le realtà applicative di riferimento.
I parametri di riferimento normalmente utilizzati sono le volumetrie riscaldate (ricavabili dai dati ISTAT) e le caratteristiche climatiche del luogo. I dati sui consumi, invece, possono essere ricavati da indagini ad hoc, oppure da valori risultanti da studi eseguiti.
La metodologia adottata per l'ambito territoriale in esame utilizza in parte il procedimento parametrico ed in parte quello deduttivo.
L'analisi parametrica del parco edilizio esistente consente di valutare i consumi di energia per costruire il bilancio energetico ed inoltre di stimare gli effetti che interventi di miglioramento potrebbero indurre.
I dati ISTAT del 1991, disponibili aggregati a livello di sezione censuaria (nel nostro caso aggregati in macroisole), costituiscono il primo livello del sistema informativo territoriale; essi riguardano anche le tipologie edilizie presenti in una determinata area e le tecnologie costruttive.
Sempre dal censimento 1991, è possibile ricavare notizie relative al tipo di riscaldamento e di combustibile adottato nell'abitazione; che consentono di correlare i consumi specifici alle efficienze di conversione e di determinare l'offerta disaggregata dell'energia primaria.
Coi dati strutturali del censimento si può risalire alle grandezze energetiche; si possono ad esempio trasformare i dati sulle superfici abitate in superfici disperdenti degli edifici ed aggregare le tipologie edilizie censite in categorie omogenee dal punto di vista termico.
Una matrice a doppia entrata in cui da una parte compaiono le epoche costruttive e dall'altra le tipologie edilizie, definite dal numero delle abitazioni, rappresenta in maniera sintetica i dati strutturali del comparto edilizio di un determinato territorio.

Nella tabella, la matrice individua 36 tipologie corrispondenti agli incroci tra righe e colonne; per ognuno di questi sottosistemi devono essere definite le caratteristiche tipologiche che permetteranno di valutare i consumi energetici per riscaldamento.

*Abitazioni del comune di Como, ripartite per epoca di costruzione e tipologia.*

| epoca | 1 abit. | 2 abit. | 3-8 | 9-15 | 16-30 | >31 abit. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **< 1919** | 6 | 7 | 4 | 1 | 7 | 1 |
| **1919-1945** | 4 | 5 | 1 | 7 | 5 | 2 |
| **1946-1960** | 6 | 7 | 2 | 1 | 1 | 5 |
| **1961-1971** | 5 | 8 | 2 | 1 | 2 | 9 |
| **1972-1981** | 4 | 2 | 1 | 1 | 5 | 6 |
| **>1981** | 1 | 7 | 5 | 2 | 3 | 1 |

Lo sviluppo del metodo di analisi proposto richiede di integrare le informazioni ricavabili dai censimenti con dati ricavati da indagini energetiche campionarie.
Le informazioni da raccogliere durante l'indagine energetica sono le seguenti:

- dati climatici della località in cui è ubicato l'edificio;
- planimetrie, sezioni e prospetti dell'edificio per il computo delle superfici nette, delle superfici disperdenti e del volume lordo riscaldato;
- caratteristiche termofisiche delle strutture edilizie che costituiscono l'involucro dell'edificio;
- caratteristiche tecniche dell'impianto di riscaldamento/condizionamento;
- consumi di energia;
- caratteristiche dell'utenza;
- stato di manutenzione delle principali strutture edilizie.

Coi dati ricavati dalle indagini energetiche si possono definire indici di particolare interesse per classe storico-tipologica:

- rapporto tra la superficie di involucro laterale opaca e la superficie calpestabile;
- rapporto tra la superficie di involucro laterale vetrata e la superficie calpestabile;
- altezze medie interpiano;
- trasmittanze primo solaio;
- trasmittanze pareti esterne opache;
- trasmittanze ultimo solaio.

Sul territorio comunale sono state eseguite più di 60 indagini energetiche su edifici pubblici e privati; le caratteristiche degli edifici campionati sono riportate in allegato: Volume 3 - Schede Edifici e fotografie.
I fabbisogni energetici del settore residenziale vengono stimati incrociando i dati ricavati dal censimento ISTAT con i parametri caratteristici definiti delle indagini campionarie. In pratica e possibile ricostruire con i dati statistici le caratteristiche dimensionali dei singoli edifici, attribuendo poi ad essi caratteristiche tecnologiche e costruttive secondo l'appartenenza ad una precisa classe storico-tipologica, ottenendo cosi tutti gli elementi utili a calcolare il carico termico.
II risultato finale sarà una matrice di correlazione che riporterà, all'interno delle singole caselle, i valori dei consumi energetici della categoria considerata. II calcolo dei consumi con una matrice di correlazione evidenzia le categorie che contribuiscono maggiormente al consumo energetico dell'intero comparto e quindi le priorità d'intervento della fase propositiva.

Riportiamo nel seguito le matrici ricavate evidenziando i vari passaggi dell'indagine, fino alla valutazione del potenziale di risparmio energetico ottenibile intervenendo in tutti gli edifici o in parte di essi.
La matrice utilizzata per lo studio è stata ridotta rispetto a quella di partenza. Le informazioni ricavate sono risultate comunque utili a definire una situazione quantitativa e qualitativa attendibile sullo stato del patrimonio residenziale del Comune di Como.
Partendo dall'indagine ISTAT e stato possibile ricavare le seguenti matrici:

*Numero di alloggi*

| | <15 | 15-30 | >30 |
|---|---|---|---|
| **< 1919** | 7.430 | 752 | 125 |
| **1919 - 1960** | 8.477 | 2.220 | 824 |
| **1961-1971** | 5.340 | 2.291 | 986 |
| **>1972** | 4.525 | 902 | 817 |

*Superficie lorda (m$^2$)*

| | <15 | 15-30 | >30 |
|---|---|---|---|
| **<1919** | 614.994 | 50.132 | 7.859 |
| **1919-1960** | 767.485 | 176.480 | 64.301 |
| **1961-1971** | 598.874 | 198.516 | 87.657 |
| **>1972** | 452.242 | 75.111 | 71.619 |

Dividendo i valori della seconda matrice per quelli della prima è possibile ricavare i valori delle superfici medie degli alloggi:

*Superficie lorda media per alloggio (m$^2$)*

| | <15 | 15-30 | >30 |
|---|---|---|---|
| **<1919** | 82,8 | 66,7 | 62,9 |
| **1919-1960** | 90,5 | 79,5 | 78,0 |
| **1961-1971** | 112,1 | 86,7 | 88,9 |
| **>1972** | 99,9 | 83,3 | 87,7 |

Le indagini campionarie hanno consentito di determinare il valore delle altezze medie degli alloggi, informazioni non presenti tra i dati ISTAT:

*Altezze medie interpiano (m)*

| | <15 | 15-30 | >30 |
|---|---|---|---|
| **<1919** | 4,75 | 4,75 | 4,75 |
| **1919-1960** | 3,20 | 3,20 | 3,20 |
| **1961-1971** | 3,10 | 3,15 | 3,00 |
| **>1972** | 3,10 | 3,00 | 2,90 |

Sono poi state calcolare le volumetrie globali:

*Volume totale lordo ($m^3$)*

| | <15 | 15-30 | >30 |
|---|---|---|---|
| **<1919** | 2.921.222 | 238.127 | 37.330 |
| **1919-1960** | 2.455.952 | 564.736 | 205.763 |
| **1961-1971** | 1.856.509 | 625.325 | 262.971 |
| **>1972** | 1.401.950 | 225.333 | 207.695 |

E, noto il numero degli alloggi, i valori delle volumetrie medie per alloggio:

*Volume totale medio ($m^3$)*

| | <15 | 15-30 | >30 |
|---|---|---|---|
| **<1919** | 393,2 | 316,7 | 298,6 |
| **1919-1960** | 289,7 | 254,4 | 249,7 |
| **1961-1971** | 347,7 | 272,9 | 266,7 |
| **>1972** | 309,8 | 249,8 | 254,2 |

La valutazione dei possibili interventi di isolamento dell'involucro richiede la conoscenza delle superfici disperdenti ed almeno la suddivisione tra superfici opache e superfici trasparenti o finestrate. I dati ISTAT, tuttavia, fomiscono solo i valori delle superfici in pianta degli alloggi. Le matrici che seguono, ricavate dalle indagini campionarie, definiscono dei coefficienti che consentono di completare il quadro informativo:

*Superficie involucro/superficie calpestabile*

| | <15 | 15-30 | >30 |
|---|---|---|---|
| **<1919** | 0,78 | 0,78 | 0,78 |
| **1919-1960** | 0,48 | 0,48 | 0,48 |
| **1961-1971** | 0,77 | 0,59 | 0,45 |
| **>1972** | 0,49 | 0,43 | 0,58 |

*Superficie involucro laterale vetrata/superficie*

| | <15 | 15-30 | >30 |
|---|---|---|---|
| **<1919** | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| **1919-1960** | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| **1961-1971** | 0,16 | 0,19 | 0,15 |
| **>1972** | 0,22 | 0,13 | 0,11 |

Le superfici laterali dell'involucro sono state calcolate moltiplicando i coefficienti cosi determinati per i valori di superficie calpestabile:

*Superficie Disperdente Laterale Opaca ($m^2$)*

| | <15 | 15-30 | >30 |
|---|---|---|---|
| **<1919** | 479.695 | 39.103 | 6.130 |
| **1919-1960** | 368.393 | 84.710 | 30.864 |
| **1961-1971** | 461.133 | 117.124 | 39.446 |
| **>1972** | 221.599 | 32.298 | 41.539 |

*Superficie vetrata ($m^2$)*

| | <15 | 15-30 | >30 |
|---|---|---|---|
| **<1919** | 129.149 | 10.528 | 1.650 |
| **1919-1960** | 122.798 | 28.237 | 10.288 |
| **1961-1971** | 95.820 | 37.718 | 13.149 |
| **>1972** | 99.493 | 9.764 | 7.878 |

Le indagini campionarie hanno consentito anche di definire i valori delle trasmittanze unitarie delle pareti:

*Trasmittanza Pareti opache ($W/m^2K$)*

| | <15 | 15-30 | >30 |
|---|---|---|---|
| **<1919** | 1,10 | 1,10 | 1,10 |
| **1919-1960** | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| **1961-1971** | 0,88 | 0,88 | 0,88 |
| **>1972** | 0,65 | 0,65 | 0,65 |

Per le finestrature, supponendo un vetro semplice, si è considerato un valore medio di trasmittanza pari a 5 $W/m^{2o}C$.
II potenziale teorico di risparmio energetico è ora valutabile ipotizzando per tutti gli edifici un adeguamento a valori di trasmittanza correnti, ossia:

*Coibentazione Pareti (nuova trasmittanza)*

| | <15 | 15-30 | >30 |
|---|---|---|---|
| **<1919** | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| **1919-1960** | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| **1961-1971** | 0,55 | 0,55 | 0,55 |
| **>1972** | 0,50 | 0,50 | 0,50 |

ed una sostituzione di tutti i serramenti con serramenti dotati di vetrocamera:

*Sostituzione vetri (nuova trasmittanza)*

| | <15 | 15-30 | >30 |
|---|---|---|---|
| **<1919** | 3,50 | 3,50 | 3,50 |
| **1919-1960** | 3,50 | 3,50 | 3,50 |
| **1961-1971** | 3,50 | 3,50 | 3,50 |
| **>1972** | 3,50 | 3,50 | 3,50 |

È stato cosi valutato il risparmio energetico massimo per i due tipi di intervento:

*Coibentazione  Pareti – Risparmio (GJ/anno)*

| | <15 | 15-30 | >30 | |
|---|---|---|---|---|
| <1919 | 49.983 | 4.074 | 639 | |
| 1919-1960 | 30.709 | 7.061 | 2.573 | |
| 1961-1971 | 31.713 | 8.055 | 2.713 | |
| >1972 | 6.927 | 1.010 | 1.298 | |
| Totali | 119.332 | 20.200 | 7.223 | 146.755 |

*Sostituzione vetri – Risparmio (GJ/anno)*

| | <15 | 15-30 | >30 | |
|---|---|---|---|---|
| **<1919** | 40.371 | 3.291 | 516 | |
| **1919-1960** | 38.386 | 8.827 | 3.216 | |
| **1961-1971** | 29.953 | 11.790 | 4.110 | |
| **>1972** | 31.101 | 3.052 | 2.463 | |
| **Totali** | 26.960 | 10.305 | 177.076 | 177.076 |

II bilancio energetico è il seguente:

Consumo energetico annuo (GJ) 2.131.000
Risparmio energetico ottenibile (GJ) 323.831
Risparmio energetico percentuale (%) 15,2

Questa ipotesi è da considerarsi una ipotesi limite, in quanto è praticamente impossibile che tutti gli edifici siano adeguati dal punto di vista termico. Si tratta quindi di un potenziale di risparmio teorico.
Una ipotesi minima considera invece che gli edifici vengano coibentati solo al momento della ristrutturazione, in applicazione di quanto previsto dalla legge 10/91.
Nella tabella che segue (elaborazione dati ISTAT 91) sono riportate le quantità di edifici che sono stati sottoposti ad interventi di ristrutturazione a partire dal 1982.

*Edifici sottoposti a interventi di ristrutturazione a partire dal 1982*

***Totale alloggi***
***Alloggi ristrutturati*** 34.689

| | *Tot.* | *Progr.* | *% su tot.* |
|---|---|---|---|
| ***1982*** | 252 | 252 | 0,7 |
| ***1983*** | 248 | 500 | 1,4 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***1984*** | 335 | 835 | 2,4 |
| ***1985*** | 395 | 1.230 | 3,5 |
| ***1986*** | 343 | 1.573 | 4,5 |
| ***1987*** | 321 | 1.894 | 5,5 |
| ***1988*** | 376 | 2.270 | 6,5 |
| ***1989*** | 466 | 2.736 | 7,9 |
| ***1990*** | 562 | 3.298 | 9,5 |
| ***1991*** | 450 | 3.748 | 10,8 |

Negli ultimi 10 anni sono stati ristrutturati il 10% degli edifici presenti nel comune di Como. Intervenendo solo su questi, quindi senza forzare gli interventi di riqualificazione, il risparmio energetico ottenibile sarebbe il seguente:

*Coibentazione  Pareti - Risparmio (GJ/anno)*

| | **<15** | **15-30** | **>30** | |
|---|---|---|---|---|
| **<1919** | 4.998 | 407 | 64 | |
| **1919-1960** | 3.071 | 706 | 257 | |
| **1961-1971** | 3.171 | 805 | 271 | |
| **>1972** | 693 | 101 | 130 | |
| Totale | 11.933 | 2.020 | 722 | 14.675 |

*Sostituzione vetri - Risparmio (GJ/anno)*

| | **<15** | **15-30** | **>30** | |
|---|---|---|---|---|
| **<1919** | 4.037 | 329 | 52 | |
| **1919-1960** | 3.839 | 883 | 322 | |
| **1961-1971** | 2.995 | 1.179 | 411 | |
| **>1972** | 3.110 | 305 | 246 | |
| Totale | 13.981 | 2.696 | 1.030 | 17.708 |

Consumo energetico annuo (GJ) 2.131.000
Risparmio energetico ottenibile (GJ) 32.383
Risparmio energetico percentuale (%) 1,5

Forzando di poco il numero degli interventi di riqualificazione a partire dagli edifici piu vecchi è possibile ipotizzare il seguente schema:

*Percentuale interventi*

| | **<15** | **15-30** | **>30** |
|---|---|---|---|
| **<1919** | 25,0% | 25,0% | 25,0% |
| **1919-1960** | 25,0% | 25,0% | 25,0% |
| **1961-1971** | 15,0% | 15,0% | 15,0% |
| **>1972** | 10,0% | 10,0% | 10,0% |

ottenendo i seguenti risparmi:

*Coibentazione  Pareti - Risparmio (GJ/anno)*

| | **<15** | **15-30** | **>30** |
|---|---|---|---|
| **<1919** | 12.496 | 1.019 | 160 |
| **1919-1960** | 7.677 | 1.765 | 643 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **1961-1971** | 4.757 | 1.208 | 407 | |
| **>1972** | 693 | 101 | 130 | |
| **Totale** | 25.623 | 4.093 | 1.340 | 31.055 |

*Sostituzione vetri – Risparmio (GJ/anno)*

| | **<15** | **15-30** | **>30** | |
|---|---|---|---|---|
| **<1919** | 10.093 | 823 | 129 | |
| **1919-1960** | 9.596 | 2.207 | 804 | |
| **1961-1971** | 4.493 | 1.769 | 617 | |
| **>1972** | 3.110 | 305 | 246 | |
| **Totale** | 27.292 | 5.103 | 1.796 | 34.191 |

Consumo energetico annuo (GJ) 2.131.000
Risparmio energetico ottenibile (GJ) 65.247
Risparmio energetico percentuale (%) 3,1

È ipotizzabile che attraverso azioni di informazione, incentivazione e controllo degli interventi sugli edifici e sugli impianti (sostituzione generatori di calore) nel settore edilizio,

il potenziale energetico derivabile dal risparmio si possa attestare almeno intorno al 3%, corrispondente ad un valore assoluto di 65 TJ/anno.

**Scheda di intervento – Scheda 1**

| **Titolo** | **Realizzazione di un sistema a energia totale nel territorio comunale.** |
|---|---|
| **Obiettivi** | Progetto dimostrativo per valutare il potenziale di penetrazione di una soluzione che, a parita di servizi, razionalizzi i consumi e produca meno $CO_2$. |
| **Articolazione** | • Individuazione di casi studio (zone commerciali, Setificio/Universita, area Ticosa, Centro Sportivo di Casate).<br>• Acquisizione dei dati e definizione dei fabbisogni energetici, diagramma di carico.<br>• Possibilità di introduzione di tecnologie e sistemi innovativi (es: pile a combustibile).<br>• Simulazione e scelta della configurazione ottimale.<br>• Progetto di massima e preventivo sommario di costo.<br>• Studio del potenziale di penetrazione. |
| **Soggetti** | ACSM S.p.A<br>Imprenditori privati Università di Como<br>Centro Volta |

**Scheda di intervento – Scheda 2**

| Titolo | Utilizzo di fonti energetiche rinnovabili |
|---|---|
| **Obiettivi** | Sostituzione di fonti energetiche convenzionali con fonti rinnovabili. |
| **Articolazione** | Su tutto il territorio comunale è obbligatorio l'uso di impianti ad energia solare per il riscaldamento dell'acqua ad usi sanitari dei seguenti casi:<br>• Alberghi<br>• Comunità<br>• Centri sportivi funzionanti anche nel periodo estivo<br>L'adeguamento degli impianti negli edifici esistenti dovrà avvenire entro un periodo di tre anni a partire dall'entrata in vigore del presente piano.<br><br>Tale obbligo decade nel momento in cui si manifestano degli impedimenti tecnici (o estetici dovuti a vincoli ambientali) alla realizzazione degli impianti. In questo caso è necessario che venga presentata una relazione tecnica firmata da un professionista abilitato che dimostri tali impedimenti entro un periodo di un anno.<br><br>L'utilizzo dell'energia solare non è obbligatorio se vengono impiegate altre tecnologie a basso consumo energetico (cogenerazione, recupero di calore disperso, utilizzo di pompe di calore, utilizzo di biomassa, ecc.)<br><br>Nel caso vengano stipulati contratti di gestione del calore, i costi relativi all'installazione degli impianti solari dovranno essere assunti dai gestori del servizio che attraverso un piano economico provvederanno a dimostrare il rientro del capitale investito con il 100% del risparmio ottenuto. Se il periodo di rientro dell'investimento è superiore rispetto a quello contrattuale, il nuovo gestore, accettando il piano di ammortamento proposto da quello precedente, dovrà provvedere alla restituzione della parte di capitale non ancora ammortizzato. |
| **Soggetti** | Ufficio tecnico comunale<br>Proprietari di immobili<br>Tecnici professionisti |

**Scheda di intervento – Scheda 3**

| **Titolo** | **Deroghe ai regolamenti edilizi negli interventi di riqualificazione energetica.** |
|---|---|
| **Obiettivi** | Ridurre i consumi energetici attraverso interventi di riqualificazione energetica al momento della ristrutturazione o della nuova costruzione. |
| **Articolazione** | In deroga ai regolamenti e alle leggi esistenti, il regolamento edilizio dovrà essere modificato con l'introduzione delle seguenti norme:<br>• Per gli edifici nuovi o per gli edifici ristrutturati per i quali è comunque richiesta una relazione di legge 10/91 secondo il Modello A, ai coefficienti di dispersione termica Cd calcolati secondo la normativa vigente dovrà essere applicata una riduzione almeno pari al 10%.<br>• Per gli edifici nei quali sono previsti interventi di ristrutturazione dell'involucro (rifacimento facciate e/o coperture), dovranno essere comunque previsti degli aumenti della resistenza termica, rispetto alla situazione base, secondo le indicazioni riportate nella Tabella A della legge 10/91, salvo impedimenti dovuti al carattere storico degli edifici stessi;<br>• Nelle pareti sperimentali di un edificio, così come nelle strutture orizzontali di tamponamento, lo spessore del materiale isolante non costituisce volumetria utile;<br>• Il volume occupato da una serra non rientra nel computo della volumetria costruita se questa ha funzione di elemento solare passivo e si dimostra la possibilità di rimuovere gli elementi vetrati durante i mesi estivi; una relazione tecnica deve dimostrare il contributo energetico della serra stessa. |
| **Soggetti** | Ufficio tecnico comunale<br>Proprietari di immobili<br>Tecnici professionisti |

## 6.6 – Estratto del Piano Energetico Provinciale

[…]

5 GLI INTERVENTI: FONTI RINNOVABILI, TRASPORTI, EDILIZIA

### *5.1 Le fonti rinnovabili*

La legge n. 10/91 comprende, nella definizione di "fonti rinnovabili di energia", il sole, il vento, l'energia idraulica, le risorse geotermiche, le maree, il moto ondoso, la trasformazione dei rifiuti organici ed inorganici o di prodotti vegetali. Sono considerate altresì fonti di energia "assimilate alle fonti rinnovabili di energia" la cogenerazione, intesa come produzione combinata di energia elettrica o meccanica e di calore, il calore recuperabile dai fumi di scarico e da impianti termici, da impianti elettrici e da processi industriali, nonché le altre forme di energia che può essere recuperata in processi, in impianti ed in prodotti, ivi compresi i risparmi di energia che si possono ottenere nella climatizzazione e nell'illuminazione degli edifici con interventi sull'involucro e sugli impianti. L'utilizzo delle fonti rinnovabili ridurrebbe sensibilmente il dato di intensità energetica, indicando, come prospettiva del decennio, la possibilità di migliorare il rapporto tra causa (domanda) ed effetto (consumi).
La parziale sostituzione dell'energia primaria richiesta con energia derivata da fonti rinnovabili consentirebbe di ridurre il consumo di fonti fossili e il conseguente impatto ambientale, sia in termini di produzione di $CO_{2eq}$ che in termini di inquinamento atmosferico.
In provincia di Como sono realizzabili interventi di sfruttamento nei seguenti campi:

- energia solare termica;
- energia solare fotovoltaica;
- energia idroelettrica (limitatamente agli impianti classificati come "miniidroelettrico");
- pompe di calore;
- biomasse, i rifiuti e la cogenerazione;
- energia eolica.

#### 5.1.1 L 'energia solare

L'energia solare e pulita, è disponibile in quantità illimitata nel tempo ed è distribuita uniformemente sul territorio.
Utilizzando adeguati sistemi di captazione e di accumulo, è possibile sfruttare al meglio l'energia solare limitando gli effetti della variabilità stagionale e giornaliera, della mutabilità delle condizioni meteorologiche e della bassa densità energetica. 'energia solare può avere due importanti applicazioni in campo civile: produzione di acqua calda (solare termico) e produzione di energia elettrica (fotovoltaico).

### *5.1.1.1 L'energia solare termica*

Per la produzione di acqua calda, si utilizzano i collettori solari, una tecnologia particolarmente conveniente oltre che per la produzione di acqua calda sanitaria, anche per alimentare, ad esempio, il riscaldamento delle piscine e per la climatizzazione.

L'impianto solare termico in genere viene sistemato sul tetto dell'edificio: nella disposizione a falda, i pannelli possono essere applicati in sostituzione del manto di copertura (tegole, lamiera, o altro), oppure, nelle coperture piane, i pannelli possono essere installati utilizzando strutture di supporto che consentono di conferire l'inclinazione e l'orientamento desiderati, indipendentemente dalla geometria dell'edificio. I pannelli solari trovano una possibile applicazione anche sulle facciate degli edifici, ad esempio attraverso I'installazione di frangisole che integrino i pannelli solari stessi.

La quantità di acqua calda sanitaria a circa 45°C prodotta da un pannello solare è mediamente pari a 80-130 litri/giorno per ogni metro quadro di pannello installato. Per riscaldare il serbatoio dell'acqua occorre circa mezza giornata di sole nel periodo estivo ed una giornata nel periodo invernale.

II dimensionamento dei pannelli solari da installare e fatto sulla base del numero dei componenti della famiglia e quindi del prevedibile consumo di acqua calda, in media pari a 30-50 litri/giorno a persona.

Ogni $m^2$ di collettori solari permette un risparmio di energia primaria pari a 3,91 $GJ/m^2$.

L'energia solare si presta molto bene a servire ogni tipo di utenza domestica. Nella valutazione degli scenari al 2010, considerando che intervengono alcuni fattori, più spesso di natura economica o normativa, che riducono sensibilmente la possibilità di utilizzo della fonte solare, si è considerata una percentuale di penetrazione di tale tecnologia del 30%.

La quantificazione delle potenzialità del solare termico in provincia di Como e calcolata nelle Scheda di intervento C1.

### *5.1.1.2 L'energia solare fotovoltaica*

La produzione di energia elettrica dal sole avviene tramite pannelli fotovoltaici (FV), caratterizzati da una grande affidabilità e da una scarsa necessita di manutenzione.

L'elemento base di un sistema FV e la cella fotovoltaica. Un insieme di moduli, costituiti da più celle, forma una struttura chiamata pannello. II materiale più utilizzato per le celle e il silicio. Gli impianti FV possono essere di due tipi: collegati alla rete elettrica o isolati. Nei sistemi collegati alla rete, l'energia elettrica eventualmente prodotta in eccesso dal sistema FV viene assorbita dalla rete elettrica, che a sua volta integra il fabbisogno energetico non soddisfatto dal sistema FV quando la produzione e bassa. Nei sistemi isolati, invece, è necessario un accumulatore a batterie per far fronte ai periodi di minore disponibilità di energia solare. Un sistema isolato mediamente copre un fabbisogno di energia primaria annua pari a 1,01 $GJ/m^2$, mentre uno allacciato può arrivare fino a 1,43 $GJ/m^2$. Risulta quindi più vantaggiosa I'installazione di sistemi allacciati alla rete (anche perché i costi sono inferiori non necessitando di accumulatore), mentre i sistemi isolati sono una valida soluzione per tutte quelle utenze remote (ad es. rifugi ed alpeggi di montagna) per le quali un collegamento alla rete elettrica sarebbe troppo oneroso.

Le soluzioni architettoniche possono essere:

• piano: i pannelli sono montati su appositi supporti al di sopra della copertura degli edifici con un mediocre impatto visivo.
• inclinato: i pannelli sono parte integrante della copertura degli edifici con una maggiore armonizzazione tra I'impianto e lo stabile ma con una resa leggermente inferiore rispetto al caso precedente.
• facciata: combinando i pannelli FV con altri elementi, ad esempio le superfici vetrate, e possibile ottenere impianti di grande valenza estetica. II limite di questa soluzione è che I'energia solare raggiunge le facciate verticali in quantità minore, problema risolvibile con I'applicazione dei pannelli su frangisole inclinati, che permettono anche un consistente risparmio sul condizionamento.

Attualmente I'efficienza di conversione di un sistema FV (rapporto tra I'energia elettrica prodotta e I'energia solare incidente) e di poco superiore al 10 %. I vantaggi dell'utilizzo di pannelli fotovoltaici sono riassunti di seguito:

• l'impiego distribuito di una sorgente energetica, diffusa per sua stessa natura e completamente gratuita;
• generazione di energia elettrica nel luogo del consumo, evitando le dispersioni legate alla trasmissione;
• semplicità di collegamento alla rete e la conseguente possibilità di sfruttare pienamente I'energia prodotta immettendola nella rete nazionale;
• possibilità d'impiego di superfici gia utilizzate per altri scopi, senza ulteriore occupazione ad hoc di territorio;
• sensibilizzazione degli utenti, che possono contribuire in maniera determinante alla diffusione della tecnologia e la loro educazione al controllo e alla razionalizzazione dei propri consumi;
• durata di 20-25 anni che fa coincidere la sostituzione dell'impianto con la manutenzione straordinaria dell'edificio.

L'ostacolo principale alla diffusione dei sistemi fotovoltaici è costituito dagli elevati costi dell'investimento iniziale, mentre i costi di manutenzione sono limitati: ad esempio un impianto ad uso residenziale di 2-3 kW ha un costo complessivo di circa 15.000-20.000 Euro.
Nonostante le difficoltà della diffusione del fotovoltaico, il sempre maggiore utilizzo a livello europeo degli impianti FV ha dimostrato I'efficacia dei programmi di incentivazioni sia a pubblici che a privati: un esempio italiano e il programma "10.000 Tetti Fotovoltaici" deliberato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio con il quale lo Stato elargisce un contributo fino al 75% del costo degli impianti (impianti allacciati alla rete).
Per promuovere la diffusione di sistemi FV isolati, la Provincia di Como, in collaborazione col Punto Energia di Como, ha attivato nel febbraio del 2002 un progetto che interessa alcuni insediamenti montani non raggiunti ancora dalla linea elettrica.

[…]

### *5.2 Interventi di risparmio energetico in edilizia*

Gli adempimenti dettati dalla Legge 10/91 ed in particolare dal D.P.R. 412/93 richiedono innanzitutto una valutazione delle opportunità di risparmio energetico nei diversi settori di consumo finale. In questo capitolo verranno analizzati gli interventi atti ad ottenere un maggior rendimento nell'utilizzo dell'energia: in particolare si cercherà di migliorare la struttura degli edifici, di utilizzare materiali energeticamente

più efficienti, di sostituire gli attuali apparecchi elettrici con dispositivi a più alta efficienza. Va infine ricordato come I'attuazione di opportune campagne informative favoriscano un più corretto utilizzo dell'energia da parte dell'utente. Si consideri che nella quantificazione del potenziale di penetrazione degli interventi descritti in seguito si e sempre fatto riferimento a quanto suggerito dal "Documento preparatorio per il Piano Energetico della Regione Lombardia -Uso razionale dell'energia", Punti Energia, 2001, dal momento che non e stato possibile stimare ad un dettaglio maggiore il successo di tali interventi in provincia di Como. Tutti gli interventi in seguito, se non specificato altrimenti, sono stati tutti valutati nelle Schede di intervento A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 e A8.

### 5.3.1 Riscaldamento degli edifici del settore residenziale e terziario

Attraverso una adeguata progettazione dell'edificio, un uso appropriato dei materiali e la creazione di un contesto urbano più "naturale" è possibile influenzare profondamente le condizioni di comfort di un ambiente chiuso e, quindi, ridurre i consumi energetici associati al mantenimento di esso.
Nei sistemi passivi, gli elementi come i muri o il tetto che captano, accumulano, trasferiscono e dissipano il calore sono parte integrante del progetto architettonico. Ogni singolo componente architettonico può quindi servire per riscaldare o per raffrescare nelle stessa misura in cui separa degli ambienti o definisce la forma dell'edificio.
In generale il progetto deve essere tale da assicurare una massimizzazione dei guadagni solari e una minimizzazione delle perdite di calore durante i mesi freddi e I'esatto opposto nei mesi estivi.
Al fine di evitare inutili sprechi di energia dovuti al cattivo o insufficiente isolamento realizzato nello stock abitativo degli edifici del territorio provinciale, un primo ambito di intervento auspicabile potrà essere quello di avviare la procedura di Certificazione Energetica.
La certificazione energetica è I'atto che documenta il consumo energetico convenzionale di riferimento di un edificio, ossia la quantità di energia primaria richiesta in un anno per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.
La certificazione energetica di un edificio deve avere come atto finale il rilascio di un certificato che riporti I'indice di consumo energetico globale e una valutazione qualitativa dello stato energetico dell'edificio.
Al fine di raggiungere un buono stato energetico di uno stabile sono possibili diversi tipi di interventi, scelti con il criterio di ottenere la massima efficienza energetica col minor costo e di garantire buone prestazioni nel tempo. Si possono realizzare appositi "cappotti", interni o esterni, a seconda dell'impatto visivo sull'edificio (per edifici soggetti a vincoli urbanistici e architettonici sono consigliabili quelli interni), sostituire la vetratura semplice con doppi vetri isolanti ed utilizzare isolanti quali:

- Lana di vetro e sughero, ideali per solai e muri non portanti purché ben riparate dall'umidità;
- argilla espansa e fibre di legno mineralizzate, adatte a pareti strutturali;
- vermiculite, insufflabile in murature e pavimentazioni gia esistenti; .
- materie plastiche: poliuretano espanso e polistirene espanso, il primo per isolamenti interni, il secondo anche per cappotti esterni, non essendo sensibile ad avverse condizioni ambientali.

È possibile anche intervenire sulle coperture, che coprono una parte consistente delle perdite di calore: un adeguato intervento, oltre che dal punto di vista

energetico, è utile anche per un miglioramento del comfort abitativo. I sistemi più utilizzati per la coibentazione del tetto sono:

- isolamento estradosso "tetto caldo": lo strato di materiale isolante è posto al di sotto dello strato di impermeabilizzazione; con questa soluzione lo strato esterno è soggetto, per effetto della radiazione solare, a notevoli sollecitazioni provocate dalla variazione di temperatura, che possono modificarne le caratteristiche fisiche funzionali. Questo inconveniente può essere evitato sovrapponendo ghiaia di grossa granulometria o altro materiale che renda anche pedonabile la copertura;
- isolamento estradosso tetto rovescio: I'isolamento termico è posto al di sopra dello strato di impermeabilizzazione e quindi è I'isolante ad essere sottoposto agli effetti della radiazione solare e degli altri agenti atmosferici. Devono essere utilizzati materiali coibenti ad alta densità, con bassa capacita di assorbimento di acqua e una buona resistenza;
- controsoffitto interno: consiste nel posizionare uno strato di materiale isolante direttamente sulla parte interna del solaio. Questo materiale può essere fissato direttamente al solaio o mediante una struttura di sostegno a cui vengono agganciati i pannelli, che consente di realizzare un'intercapedine per il passaggio di cavi, tubi e canali.

Per isolamento a cappotto si intende invece I'applicazione sulla faccia esterna della parete un pannello di materiale isolante ricoperto da un intonaco, rinforzato da una armatura e completato da uno strato di finitura. Questo tipo di coibentazione consente di eliminare i fenomeni di condensazione del vapor d'acqua, di migliorare I'inerzia termica dell'edificio e di aumentare la temperatura superficiale degli strati costituenti la struttura edilizia.

### 5.3.2 Raffrescamento estivo degli edifici

Interessanti sono anche le prospettive di intervento volte alla riduzione dei consumi per il raffrescamento degli edifici, che si dimostra sempre più energivoro del riscaldamento.
All'interno dei consumi elettrici del settore terziario, il consumo per il condizionamento degli ambienti raggiunge il 35% del totale, con una generale tendenza a crescere dovuta non solo all'aumento dei consumi totali ma anche al fatto che gli utenti si orientano sempre più verso impianti legati alla climatizzazione estiva con alimentazione elettrica. Oltre al miglioramento dell'efficienza dei sistemi di raffrescamento attivo, quali condizionatori e sistemi di ventilazione, è possibile intervenire passivamente sugli edifici, cioè senza I'utilizzo di energia, per garantire un minore assorbimento di calore.
Le tecniche di raffrescamento passivo sono applicabili sia edifici gia esistenti e integrabili in progetti di edifici di nuova concezione.
Agli stabili già costruiti sono realizzabili i seguenti interventi:

- gli attuali vetri mono-lastra presentano caratteristiche di isolamento termico molto scarse: ne è quindi consigliabile la sostituzione con vetrature doppie o triple separate da intercapedini eventualmente riempite con gas inerti o con speciali vetri riflettenti che hanno pero I'inconveniente di diminuire in maniera eccessiva l’illuminazione naturale all'interno degli edifici. Da notare come una vetratura doppia garantisca anche un notevole isolamento dal rumore; .
- ombreggiamento attraverso: tende interne, molto comuni e facili da installare, con lo svantaggio di bloccare la radiazione solo quando essa è gia penetrata; tende esterne, che

bloccano la radiazione diretta all'esterno ma possono oscurare I'ambiente; tende veneziane, che, essendo regolabili, permettono di risolvere il problema dell'illuminazione interna;

- oggetti orizzontali: questi elementi architettonici possono contemporaneamente bloccare la radiazione solare nelle ore più calde estive e permettere il passaggio della radiazione solare nella stagione invernale; dispositivi mobili: si tratta di schermi prevalentemente orizzontali la cui inclinazione può essere regolata al fine di ottimizzarne il funzionamento per le diverse stagioni;
- uso della vegetazione: può essere posta sull'edificio ("tetti verdi") o attorno. Oltre all'ombreggiamento gli altri effetti che intervengono sono una riduzione dell'irraggiamento del contesto urbano dovuto alle minori temperature delle superfici vegetali rispetto a quelle artificiali e una riduzione delle perdite termiche per infiltrazione dell'aria a causa dell'effetto di schermatura al vento. E' molto difficile predire esattamente I'effetto di un intervento di "greening" sui consumi energetici di un edificio in quanto dipende fortemente, oltre che dalle caratteristiche dell'edifico stesso, anche da quelle dell'ambiente esterno, dalla natura e dalla geometria delle piante. Studi svolti negli Stati Uniti riportano stime di possibili benefici di un incremento medio del 20% della vegetazione in un area urbana in termini di riduzioni di carichi fra il 20 e 30% in funzione della località.

Nei progetti di nuovi edifici è possibile integrare le seguenti tecniche di costruzione:

- componenti architettonici trasparenti: finestre, lucernari, verande, ecc. In edifici la cui richiesta energetica preponderante è quella per il raffrescamento estivo la finestra deve essere trasparente solo alla porzione di radiazione solare relativa al visibile ed opaca alla rimanente radiazione. II coefficiente di shading e il rapporto a parità di condizioni fra il guadagno solare caratteristico del vetro in oggetto e quello relativo ad un vetro di riferimento (vetro sodico-calcico di 3 mm di spessore). Vetri con bassi coefficienti di shading determinano bassi guadagni solari in quanto si avvicinano sempre più alle caratteristiche di un materiale impermeabile alla radiazione solare. Ciò vuol dire che una riduzione del coefficiente di shading comporta anche una riduzione del coefficiente di trasmissione luminosa del vetro, che misura in percentuale la porzione di radiazione visibile trasmessa.
Una corretta efficienza luminosa, data dal rapporto tra il coefficiente di trasmissione luminosa e quello di shading, assume valori attorno a due, indice di un vetro perfettamente selettivo. L'adozione di un particolare tipo di vetro può determinare, ad esempio, un minore dimensionamento degli impianti di condizionamento e certe volte anche la sua eliminazione. Tuttavia anche altre caratteristiche possono influenzare la scelta di un tipo di vetro: la capacità di riduzione dei rumori, della condensazione, della trasmissione di ultravioletti e dei problemi di manutenzione della finestra;

- isolanti trasparenti, anche detti TIM (Transparent Insulation Materials). Sono materiali da integrare nelle pareti che esaltano la diffusione della luce all'interno del fabbricato, migliorando il comfort visivo ed evitando I'abbagliamento della luce solare diretta. Pertanto quando I'unico scopo di un elemento architettonico trasparente e quello di fornire luce naturale all'ambiente, ad esempio un lucernario, il TIM consente di ottenere un consistente vantaggio energetico con vantaggi strutturali non indifferenti;

- ventilazione naturale degli edifici: attraverso un adeguato dimensionamento delle aperture e un corretto orientamento della struttura è possibile ottenere condizioni di

comfort accettabili anche quando la temperatura interna è elevata rispetto a quella esterna. Per velocità di ventilazione intorno a 1,5-2 m/s si possono avere buoni risultati anche con temperature esterne di 30°C con variazioni giornaliere entro i 10°C;

• colorazioni superficiali: I'uso di colorazioni chiare è una misura efficace ed economica per ridurre le temperature superficiali esterne dell'involucro e quindi i carichi per il raffrescamento. II colore chiaro riduce, infatti, I'assorbimento delle radiazioni di piccola lunghezza d'onda da parte della superficie e, quindi, quella dell'aria che scambia calore con la superficie stessa. La riduzione della temperatura superficiale comporta anche una riduzione della trasmissione per conduzione attraverso la parete determinando anche minori temperature superficiali interne. Questa circostanza consente di migliorare le condizioni di comfort termico, fortemente influenzate dalla temperatura media radiante delle superfici;

• ulteriori tecniche, ancora in fase di sviluppo, sono il raffrescamento evaporativo, che consiste nella umidificazione del flusso d'aria mediante nebulizzazione di acqua; e i sistemi a cicli di deumidificazione, che, al contrario, deumidificano I'aria per poi raffreddarla con uno scambiatore di calore.

[…]

## 7. LE AZIONI DI PIANO

[…]

### *7. A. 5 Deroghe ai regolamenti edilizi negli interventi di riqualificazione energetica*

*Obiettivi dell'azione*

Ridurre i consumi energetici attraverso:
- interventi di riqualificazione energetica al momento della ristrutturazione degli stabili;
- progettazione delle nuove costruzioni secondo criteri bioecologici. Obiettivo al 2010: revisione del regolamento edilizio, approvazione da parte dei Consigli Comunali e integrazione negli strumenti urbanistici vigenti di tutti i Comuni con popolazione superiore a 5.000 abitanti.

*Attori coinvolti*

Comuni, A.L.E.R.,Ordini provinciali degli Ingegneri e degli Architetti, Collegi provinciali dei Geometri e dei Periti, Imprese di settore (edili e termotecniche).

*Passi dell'azione*

Sviluppo di norme, in deroga ai regolamenti edilizi esistenti, che implichino il miglioramento del comportamento energetico degli edifici:
- di favorire la diffusione di sistemi di riscaldamento e raffrescamento passivi;
- di favorire la diffusione dello sfruttamento attivo dell'energia solare;
- richiedere interventi atti ad aumentare la resistenza termica per gli edifici nei quali siano previsti interventi di ristrutturazione dell'involucro, salvo impedimenti dovuti al carattere storico degli edifici stessi;
- utilizzo di strumenti di valutazione ambientale ed energetica dei progetti.

*Scenari*

Sul territorio provinciale questa azione può contribuire al raggiungimento del 13,5% e del 14% (scenari minimi rispettivamente del residenziale e del terziario/servizi), del 30,3% e del 30% (scenari massimi) di riduzione rispetto allo scenario naturale al 2010.

*Potenziale risparmio energetico e di riduzione delle emissioni*

In funzione del numero interventi realizzati sulla base del nuovo regolamento edilizio.

*Potenziali effetti occupazionali*

Scarsi.

*Altri benefici*

• Sensibilizzazione degli operatori del settore (amministratori, progettisti, tecnici, etc.) ai criteri dell'architettura bioclimatica.
• Comfort abitativo, anche a fronte di un minor consumo energetico.

*Ostacoli e vincoli*

Difficoltà nel cambiare le leggi e i regolamenti edilizi.

*Interazioni con altre azioni del Piano*

Con tutte quelle riguardanti il settore urbanistico, edilizio, residenziale e terziario/servizi.

*Interazioni con altri lavori*

Con il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, i Piani Energetici Comunali, le Agende21 locali, i Piani Regolatori Generali.

7. A. 6 *Raffrescamento passivo degli edifici*

*Obiettivi dell'azione*

Ridurre i consumi energetici attraverso:
- controllo del comfort termico attraverso I'uso della ventilazione naturale o forzata. controllo della radiazione solare e delle interazioni energetiche edificio-ambiente. incremento delle caratteristiche isolanti e di tenuta dell'involucro edilizio. Obiettivo al 2010: applicazione ove possibile di sistemi di raffrescamento passivo su tutte le nuove costruzioni e su parte di quelle ristrutturate.

*Attori coinvolti*

ENEA, Camera di Commercio, Ordini Professionali, Collegi Provinciali dei Geometri e dei Periti, Università.

*Scenari*

Sul territorio provinciale questa azione può contribuire al raggiungimento del 13,5% e del 14% (scenari minimi rispettivamente del residenziale e del terziario/servizi), del 30,3% e del 30% (scenari massimi) di riduzione rispetto allo scenario naturale al 2010.

*Passi dell'azione*

- Predisporre materiale informativo sulle potenzialità di risparmio sulle bollette energetiche, costi di investimento, tempi di ritorno, difficoltà tecniche, valutazioni di massima da distribuire attraverso canali associativi ai potenziali utenti.
- Predisporre attività di formazione dei tecnici: bollettini informativi, corsi, seminari, borse di studio.
- Rendere disponibili strumenti di valutazione (procedure standard, software di certificazione).
- Contattare produttori di materiali e tecnologie per verificare la disponibilità a pianificare una strategia dei prezzi adeguata al largo respiro dell'azione.

*Potenziale risparmio energetico e riduzione delle emissioni*

Variabile in funzione dello stato dell'edificio, della tipologia degli interventi e del numero di edifici sui quali saranno effettivamente realizzati interventi di raffrescamento passivo.

*Potenziali effetti occupazionali*

Sviluppo di tecnici edilizi specializzati nelle bioarchitetture.

*Altri benefici*

- Potenziale riduzione del carico di punta elettrico estivo.
- Miglioramento del comfort abitativo
- Minore impatto visivo di alcuni edifici (greening).

*Ostacoli e vincoli*

Scarsa informazione dei cittadini.
Costi di realizzazione dei restauri.

*Interazioni con altre azioni del Piano*

Con tutte quelle riguardanti il settore urbanistico, edilizio, residenziale e terziario/servizi.

*Interazioni con altri lavori*

Con il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, i Piani Energetici Comunali, le Agende21 locali, i Piani Regolatori Generali.

*Indicatori per la valutazione dell'azione*

Volumetria su cui si è intervenuti con tale azione.
Percentuale di risparmio ottenuto.

[…]

7.C Utilizzo delle fonti rinnovabili

*7.C.1 Solare termico: valutazione del potenziale per I'applicazione in edifici pubblici e privati*

La potenzialità della risorsa solare nel territorio della Provincia di Como è piuttosto rilevante, considerato un irraggiamento solare medio annuo più elevato paragonabile col valore medio lombardo. La produzione di acqua calda per uso igienico-sanitario con collettori a bassa temperatura (non risultano convenienti, invece, a queste latitudini per usi a temperature più elevate, come per il riscaldamento degli edifici) richiede mediamente 1-2 $m^2$ a persona; questa applicazione è interessante per i modesti costi di investimento e perché I'uso dell'energia solare e esteso a tutti i periodi dell'anno, con un tempo di ammortamento breve (circa 5 anni).

*Obiettivi dell'azione*

Diffusione su larga scala dell'utilizzo di pannelli solari per la produzione di acqua calda ad uso sanitario in edifici privati.
Diffusione massima possibile dell'utilizzo di pannelli solari per la produzione di acqua calda ad uso sanitario in edifici pubblici o a uso pubblico, in ottemperanza alla legge 10/91 e al D.P.R. 412/93 (obbligatorio intervento di sostituzione degli impianti termici con sistemi ad energia rinnovabile, nel caso in cui il 'payback' sia inferiore a 10 anni).

*Soggetti promotori*

Regione Lombardia, Provincia di Como, Comuni, Comunità Montane.

*Attori coinvolti*

Privati ed altri soggetti proprietari di immobili, Imprese e grandi fornitori di pannelli solari, Associazioni professionali, Università, Unione Europea, Ministero Ambiente, Regione Lombardia, ISES, ENEA, CISPEL.

*Passi dell'azione*

Edifici privati:
- Campagne di informazione per la promozione del solare.
- Promozioni di corsi formativi per produttori e installatori per assicurare un'adeguata qualità.
- Incentivi economici per favorire la diffusione di pannelli solari. .
- Attuazione degli interventi.

Edifici pubblici o ad uso pubblico (alberghi, comunità, centri sportivi):

- Censimenti degli edifici ad uso pubblico atti all'installazione di pannelli solari.
- Verifica dei progetti (applicazione corretta della legge).
- Attuazione degli interventi.

*Scenari*

Sul territorio provinciale e possibile installare i seguenti $m^2$ di pannelli solari termici:

Scenario mini mo 10.000 $m^2$
Scenario massimo 50.000 $m^2$

Avendo a disposizione i dati sulle aree totali delle coperture degli edifici, applicando le formule descritte al Paragrafo 5.1.1 "L'energia solare", è possibile calcolare la superficie teorica di utilizzo.

*Potenziale risparmio energetico*

a) Unitario

Energia primaria annua unitaria sostituita: 3,91 $GJ/m^2$.

b) Complessivo

| Scenario | Risparmio energetico |
|---|---|
| Minimo | 39.100 GJ |
| Massimo | 195.500 GJ |

*Potenziale riduzione delle emissioni*

a) Unitario

Emissioni annue di gas serra evitate per $m^2$ di pannelli installati: 0,251 $CO_{2eq}/m^2$.

b) Complessivo

Emissioni annue di gas serra evitate nell'ipotesi di installazione, al 2010, di:

| Scenario | Emissioni evitate |
|---|---|
| Minimo | 2.500 t $CO_2$eq |
| Massimo | 1 2.500 t$CO_2$eq |

*Potenziali effetti occupazionali*

Sviluppo del settore della produzione dei pannelli con nascita di nuove imprese specializzate e conseguente formazione di posti di lavoro.

*Altri benefici*

- Energia pulita ad emissioni inquinanti zero.
- Diminuzione della domanda di potenza sulla rete elettrica.

- Diversificazione dei combustibili (minor dipendenza dagli idrocarburi).
- Sviluppo del settore: miglioramento tecnologico, diminuzione dei costi unitari di installazione.
- Aspetti educativi dovuti al contatto della gente con una fonte di energia rinnovabile.

*Ostacoli e vincoli*

- Impatto visivo soprattutto su edifici storici.
- Mercato ancora in espansione.
- Scarsa conoscenza da parte degli utenti della tecnologia solare.

*Interazioni con altre azioni del Piano*

Con tutte quelle riguardanti il settore urbanistico, edilizio, residenziale e terziario/servizi.
Con il Bando Regionale per la promozione del solare termico.

*Interazione con altri Lavori*

Con il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, i Piani Energetici Comunali, le Agende21 locali, i Piani Regolatori Generali, i Regolamenti Edilizi.

*Indicatori per la valutazione dell'azione*

Totale di $m^2$ installati, risparmio ottenibile annualmente, $CO_2$ evitata.
Affidabilita ed efficienza dei sistemi in grado di soddisfazione delle utenze.

*7.C.2 Solare fotovoltaico: valutazione del potenziale per I'applicazione in edifici pubblici e privati*

*Obiettivi dell'azione*

Diffusione dell'utilizzo di pannelli solari per la produzione di energia elettrica.

*Soggetti promotori*

Regione Lombardia, Provincia di Como, Comuni e Comunità Montane, Aziende di Servizi Energetici.

*Attori coinvolti*

Privati ed altri soggetti proprietari di immobili, Imprese e grandi fornitori di pannelli solari, Associazioni professionali (ingegneri, architetti, installatori), Università, Unione Europea, Ministero Ambiente, Regione Lombardia, ISES, ENEA, CISPEL..

*Passi dell'azione*

Edifici privati:

- Campagne di informazione per la promozione del solare.
- Promozioni di corsi formativi per produttori e installatori per assicurare un'adeguata qualità.
- Incentivi economici per favorire la diffusione di pannelli solari fotovoltaici.
- Attuazione degli interventi.

Edifici pubblici o ad uso pubblico (alberghi, comunità, centri sportivi):

- Censimenti degli edifici ad uso pubblico atti all'installazione di pannelli solari fotovoltaici.
- Verifica dei progetti (applicazione corretta della legge).
- Attuazione degli interventi.

*Scenari*

Sul territorio provinciale è possibile installare i seguenti $m^2$ di pannelli solari fotovoltaici:

Scenario minimo 5.000 $m^2$ di cui 250 isolati e 4.750 allacciati alla rete.

*S*cenario massimo 25.000 $m^2$ di cui 1200 isolati e 23.800 allacciati alla rete.

*Potenziale risparmio energetico*

a) Unitario Isolato

Energia primaria annua unitaria sostituita : 1,01 $GJ/m^2$

b) Unitario Allacciato

Energia primaria annua unitaria sostituita: 1,43 $GJ/m^2$

c) Complessivo

| Scenario | Risparmio energetico |
|---|---|
| Minimo | 7.050 GJ |
| Massimo | 35.250 GJ |

*Potenziale riduzione delle emissioni*

a) Unitario Isolato

Emissioni di gas serra evitate annue di pannelli installati: 0,061 $CO_{2eq}$ /$m^2$

b) Unitario Allacciato

Emissioni di gas serra evitate annue di pannelli installati: 0,081 $CO_{2eq}$ /$m^2$

c) Complessivo

| Scenario | Riduzione delle emissioni |
|---|---|
| Minimo | 1.160 tC02eq |
| Massimo | 5.790 t $CO_2$eq |

*Potenziali effetti occupazionali*

Vedi scheda A2.lll.l.

*Altri benefici*

- Energia pulita ad emissioni inquinanti zero.
- Diminuzione della domanda di potenza sulla rete elettrica.
- Diversificazione dei combustibili (minor dipendenza dagli idrocarburi).
- Sviluppo del settore: miglioramento tecnologico, diminuzione dei costi unitari di installazione.

*Ostacoli e vincoli*

- Impatto visivo soprattutto su edifici storici.
- Tempi di ammortamento elevati.
- Ridotta dimensione del mercato.
- Scarsa conoscenza da parte degli utenti della tecnologia fotovoltaica.

*Interazioni con altre azioni del Piano*

Con tutte quelle riguardanti il settore urbanistico, edilizio, residenziale e terziario/servizi. Con il Bando Regionale per la promozione del solare fotovoltaico.

*Interazione con altri Lavori*

Con il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, i Piani Energetici Comunali, le Agende21 locali, i Piani Regolatori Generali, i Regolamenti Edilizi.

*Indicatori per la valutazione dell'azione*

- Totale di $m^2$ installati, risparmio ottenibile annualmente, $CO_2$ evitata.
- Efficienza dei sistemi.
- Costi di installazione e di produzione.
- Grado di soddisfazione delle utenze.

*7.D.3 Sistemi a energia totale nel territorio comunale, con possibilità di introduzione di tecnologie e sistemi innovativi*

*Obiettivi dell'azione*

Progetti dimostrativi per valutare il potenziale di penetrazione di soluzioni che, a parità di servizi, razionalizzino i consumi e riducano le emissioni inquinanti (es. impianti a celle combustibile).

*Attori coinvolti*

Aziende e Società di Servizi Energetici, Università.

*Passi dell'azione*

Studio di fattibilità di un progetto dimostrativo:

- Individuazione di casi studio.
- Acquisizione dei dati e definizione dei fabbisogni energetici, diagramma di carico.
- Progetto di massima sulla possibilità di introduzione di tecnologie e sistemi innovativi.

*Scenari*

In base al numero di progetti avviati.

*Potenziale di produzione di energia e di riduzione delle emissioni*

In base al numero di progetti avviati.

*Potenziali effetti occupazionali*

Non valutabili.

*Altri benefici*

- Incentivare all'individuazione e alla realizzazione di sistemi innovativi di produzione/vettoriamento energetico tramite un progetto pilota.

*Ostacoli e vincoli*

Nessuno

*Interazioni con altre azioni del Piano*

Tutte.

*Interazioni con altri lavori*

Con il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, con il Piano Energetico della Regione Lombardia, i Piani Regolatori Generali, i Piani Energetici Comunali.

*Indicatori per la valutazione dell'azione*

Nessuno.

**6.7 – Calcolo del carico termico estivo**

Il calcolo del carico termico estivo è stato effettuato per ribadire i vantaggi derivanti dalle scelte morfologiche e tecnologiche che caratterizzano il complesso, oltre che per valutare in modo più corretto la quantità di calore da smaltire con eventuali sistemi di raffrescamento. In particolare esso permette di tener conto di apporti prima tralasciati ma ugualmente importanti al fine di stabilire le entrate di calore provenienti dai raggi solari, tra cui:

- effetto della radiazione solare attraverso le strutture trasparenti;
- effetto della trasmissione di calore attraverso le strutture trasparenti ed opache;
- inerzia termica delle strutture dell'edificio;
- carichi termici interni dovuti alla presenza sia di persone che di apparecchiature che emettono calore (illuminazione, macchinari vari, ecc.);
- entrate di calore dovute alle infiltrazioni ed ai ricambi d'aria.

Il calore che si determina con il carico termico estivo può essere suddiviso in due sottogruppi dalle diverse caratteristiche.

- Il calore sensibile, prevalente su quello latente, è la somma degli apporti di calore che hanno come unico effetto l'aumento della temperatura; proviene dall'esterno per effetto della radiazione solare, della differenza di temperatura tra l'ambiente esterno e interno (trasmissione per conduzione attraverso le strutture) ed anche per effetto dei cosiddetti carichi interni, quali ad esempio le persone ed eventuali sorgenti di calore (illuminazione, macchine, motori, ecc.).
- Il calore latente è la somma degli apporti di calore che concorrono ad aumentare il contenuto di vapore presente nell'aria, quindi dell'umidità, senza per questo aumentare la temperatura; il calore latente ambiente deriva dall'apporto di vapore delle persone (attraverso la respirazione e la traspirazione) e da altre fonti (cottura dei cibi asciugamento della biancheria, ecc.).

Gli ambienti considerati sono i medesimi utilizzati nel caso del calcolo del guadagno termico estivo (dove si otteneva la temperatura interna dei locali), ossia quelli della serra e delle stanze direttamente affaccianti su essa. Al fine di ottenere un quadro complessivo delle entrate durante una giornata estiva standard (23 luglio) sono stati presi in considerazione i dati riguardanti quattro momenti: le ore 10, 12, 15 e 18. Una volta stabiliti i Watts in entrata è stato possibile ricostruire la curva complessiva delle entrate giornaliere, da poter paragonare poi ad un edificio residenziale simile a quello progettato ma con soluzioni tecnologiche standard, ovvero eliminando l'impianto fotovoltaico che ombreggia parte dei vetri e sostituendo la vetrata della serra e dei serramenti con un semplice vetro doppio al posto dei vetri selettivi. In questo modo si è in grado di quantificare i vantaggi delle scelte progettuali e tecnologiche ottenuti in termini di comfort per l'utente, da aggiungere a quelli relativi al risparmio energetico che la serra e i suoi componenti garantisce durante l'anno.

**Appartamento A – Primo Piano**

| *Dati di riferimento* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Località | Como | | | | |
| Calcolo eseguito per il giorno | 23-lug | alle ore | | Latitudine | 45°48' |
| Ore di funzionamento dell'impianto | 16 | | | | |
| Calcolo termico | con accumulo | | | | |
| Uso dei locali | Residenza | | | | |
| Superficie (larghezza x lunghezza) | | | | mq | 47 |
| Volume | altezza | 3 | sup. x alt. | mc | 141 |
| ***Aria esterna*** | | | | | |
| Persone | 4 | l/s pers. | 7.5 | x 3,6 mc/h | 108 |
| vol/h | 0.5 | mc | 141 | mc/h | 70.5 |
| | | | Portata aria rinnovo | | 108 |
| ***Condizioni di progetto - Temperatura Bulbo Secco*** | | | | | |
| | h. 10 | h. 12 | h. 15 | h. 18 | |
| | °C | °C | °C | °C | |
| Esterne | 28.3 | 31 | 33.6 | 32.3 | |
| Interne | 24 | 24 | 24 | 24 | |
| Differenza | 4.3 | 7 | 9.8 | 8.3 | |

Tab. 48 – Condizioni di progetto per il calcolo del carico termico estivo per l'appartamento A (primo piano)

| APPARTAMENTO A - 1° PIANO **H.10** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Pareti esterne | N-O | 14 | 0 | 0,16 | 0 |
| | | | | tot. | **0** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 30 | 4,3 | 0,5 | 64,5 |
| Finestra | | 3,28 | 4,3 | 0,75 | 10,578 |
| Finestra | | 7,15 | 4,3 | 0,75 | 23,06 |
| | | | | tot. | **98** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 4,3 | x 0,35 x (1-BF) | 146,286 |
| | | | | tot. | **146,286** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 77 | 705 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 104,5 |
| | | | | tot. | 1149,5 |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **1393,786** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | s | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 38,7 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **1820** |

| APPARTAMENTO A - 1° PIANO **H.12** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | S-O | 4,1 | 508 | 0,36 X 0,48 | 359,9 |
| Serra | O | 1,7 | 551 | 0,36 X 0,09 | 30,35 |
| | | | | tot. | **390,25** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Pareti esterne | N-O | 14 | 0 | 0,16 | 0 |
| | | | | tot. | **0** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| serra | | 30 | 7 | 0,5 | 105 |
| Finestra | | 3,28 | 7 | 0,75 | 17,22 |
| Finestra | | 7,15 | 7 | 0,7537,54 | 37,54 |
| | | | | tot. | **159,76** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 7 | x 0,35 x (1-BF) | 238,14 |
| | | | | tot. | **238,14** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 47 | 705 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 104,5 |
| | | | | tot. | 1149,5 |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **1937,65** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 38,7 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **2363,35** |

Tab. 49 e 50 – Calcolo del carico termico estivo nell'appartamento A (primo piano) alle ore 10 e 12

| APPARTAMENTO A - 1° PIANO **H.15** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | S - O | 4,1 | 508 | 0,36 X 0,4 | 300 |
| Serra | O | 1,7 | 551 | 0,36 X 0,6 | 202,33 |
| | | | | tot. | **502,33** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Pareti esterne | N-O | 14 | 4,8 | 0,16 | 10,752 |
| | | | | tot. | **10,752** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 30 | 9,8 | 0,5 | 147 |
| Finestra | | 3,28 | 9,8 | 0,75 | 24,108 |
| Finestra | | 7,15 | 9,8 | 0,75 | 52,55 |
| | | | | tot. | **223,658** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 9,8 | x 0,35 x (1-BF) | 333,4 |
| | | | | tot. | **333,4** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 47 | 705 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 104,5 |
| | | | | tot. | **1149,5** |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **2219,64** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 38,7 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **2645,34** |

| APPARTAMENTO A - 1° PIANO **H.18** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | O | 12 | 551 | 0,36 x 0,74 | 1761,44 |
| | S-O | 6 | 508 | 0,36 x 0,11 | 120,7 |
| | | | | tot. | **1882,14** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Pareti esterne | N-O | 14 | 6,7 | 0,16 | 15 |
| | | | | tot. | **15** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 30 | 8,3 | 0,5 | 124,5 |
| Finestra | | 3,28 | 8,3 | 0,75 | 20,418 |
| Finestra | | 7,15 | 8,3 | 0,75 | 44,51 |
| | | | | tot. | **189,43** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 8,3 | x 0,35 x (1-BF) | **282,366** |
| | | | | tot. | **282,366** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 47 | 705 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 104,5 |
| | | | | tot. | **1149,5** |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **3518,436** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 38,7 |
| **Totale calore latente** | | | | W | 425,7 |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **3944,17** |

Tab. 51 e 52 – Calcolo del carico termico estivo nell’appartamento A (primo piano) alle ore 15 e 18

**Appartamento A – Secondo Piano**

| *Dati di riferimento* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| Località | Como | | | | |
| Calcolo eseguito per il giorno | 23-lug | alle ore | | Latitudine | 45°48' |
| Ore di funzionamento dell'impianto | 16 | | | | |
| Calcolo termico | con accumulo | | | | |
| | | | | | |
| Uso dei locali | Residenza | | | | |
| Superficie (larghezza x lunghezza) | | | | mq | 44 |
| Volume | altezza | 3 | sup. x alt. | mc | 132 |
| | | | | | |
| *Aria esterna* | | | | | |
| Persone | 2 | l/s pers. | 7.5 | x 3,6 mc/h | 54 |
| vol/h | 0.5 | mc | 132 | mc/h | 66 |
| | | | Portata aria rinnovo | | 66 |
| | | | | | |
| *Condizioni di progetto - Temperatura Bulbo Secco* | | | | | |
| | h. 10 | h. 12 | h. 15 | h. 18 | |
| | °C | °C | °C | °C | |
| Esterne | 28.3 | 31 | 33.6 | 32.3 | |
| Interne | 24 | 24 | 24 | 24 | |
| Differenza | 4.3 | 7 | 9.8 | 8.3 | |

Tab. 53 – Condizioni di progetto per il calcolo del carico termico estivo per l'appartamento A (secondo piano)

APPARTAMENTO A - 2° PIANO **H.10**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

| *1. Radiazioni solari - vetri* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| *2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto* | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Parete esterna | | 40 | 12,7 | 0,15 | 76,2 |
| | | | | tot. | **76,2** |
| *3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto* | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 36 | 4,3 | 0,5 | 77,4 |
| Finestra N-O | | 3,28 | 4,3 | 0,75 | 10,58 |
| Finestra | | 7,15 | 4,3 | 0,75 | 23,06 |
| | | | | tot. | **111,04** |
| *4. Aria esterna* | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 66 | x DT (°C) | 4,3 | x 0,35 x (1-BF) | 89,397 |
| | | | | tot. | **89,397** |
| *5. Carichi interni* | | | | | |
| Persone | n° | 2 | x W/pers. | 60 | 120 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 44 | 660 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 88 |
| | | | | tot. | **968** |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **1244,637** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | | W/pers. | 60 | 120 |
| Aria esterna | 66 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 89,81 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 21 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **231** |
| tale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **1475,637** |

APPARTAMENTO A - 2° PIANO **H.12**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

| *1. Radiazioni solari - vetri* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | S-O | 4,1 | 508 | 0,36 x 0485 | 363,66 |
| Serra | O | 1,7 | 551 | 0,36 x 0,09 | 30,55 |
| | | | | tot. | **394** |
| *2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto* | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Parete esterna | | 14 | 0 | 0,16 | 0 |
| Parete esterna | | 40 | 25,4 | 0,15 | 152,4 |
| | | | | tot. | **152,4** |
| *3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto* | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 36 | 7 | 0,5 | 126 |
| Finestra | | 3,28 | 7 | 0,75 | 17,22 |
| Finestra | | 7,15 | 7 | 0,75 | 37,54 |
| | | | | tot. | **180,76** |
| *4. Aria esterna* | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 66 | x DT (°C) | 7 | x 0,35 x (1-BF) | 145,53 |
| | | | | tot. | **145,53** |
| *5. Carichi interni* | | | | | |
| Persone | n° | 2 | x W/pers. | 60 | 120 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 44 | 660 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 88 |
| | | | | tot. | 968 |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **1840,7** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 2 | W/pers. | 60 | 120 |
| Aria esterna | 66 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 89,81 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 20,98 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **230,8** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **2071,7** |

Tab. 54 e 55 – Calcolo del carico termico estivo nell'appartamento (secondo piano) alle ore 10 e 12

| APPARTAMENTO A - 2° PIANO **H.15** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | S-O | 3,7 | 508 | 0,36 x 0,5 | 338,33 |
| Serra | O | 1,7 | 551 | 0,36 x 0,6 | 202,33 |
| | | | | tot. | **540,66** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Parete esterna | | 14 | 14,1 | 0,16 | 31,58 |
| Parete esterna | | 40 | 31,5 | 0,15 | 189 |
| | | | | tot. | **220,58** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 36 | 9,8 | 0,5 | 176,4 |
| Finestra | | 3,28 | 9,8 | 0,75 | 24,108 |
| Finestra | | 7,15 | 9,8 | 0,75 | 52,55 |
| | | | | tot. | **253,06** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 66 | x DT (°C) | 9,8 | x 0,35 x (1-BF) | 203,74 |
| | | | | tot. | **203,74** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 2 | x W/pers. | 60 | 120 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 44 | 660 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 190 | 88 |
| | | | | tot. | **968** |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **2186** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 2 | | 60 | 120 |
| Aria esterna | 66 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 89,81 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 21 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **231** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **2417** |

| APPARTAMENTO A - 2° PIANO **H.18** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | O | 12 | 551 | 0,36 x 0,74 | 1761,44 |
| Serra | S-O | 6 | 506 | 0,36 x 0,11 | 120,70 |
| | | | | tot. | **1882,14** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Parete esterna | | 14 | 6,7 | 0,16 | 15 |
| Parete esterna | | 10 | 17,8 | 0,15 | 106,8 |
| | | | | tot. | **121,8** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 36 | 8,3 | 0,5 | 149,4 |
| Finestra | | 3,28 | 8,3 | 0,75 | 20,418 |
| Finestra | | 7,15 | 8,3 | 0,75 | 44,51 |
| | | | | tot. | **214,33** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 66 | x DT (°C) | 8,3 | x 0,35 x (1-BF) | 172,55 |
| | | | | tot. | **172,55** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 2 | x W/pers. | 60 | 120 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 44 | 660 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 88 |
| | | | | tot. | **968** |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **3358,82** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 2 | W/pers. | 60 | 120 |
| Aria esterna | 66 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 89,81 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 20,98 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **230,8** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **3589,62** |

Tab. 56 e 57 – Calcolo del carico termico estivo nell’appartamento A (secondo piano) alle ore 15 e 18

**Appartamento B – Primo Piano**

| *Dati di riferimento* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| Località | Como | | | | |
| Calcolo eseguito per il giorno | 23-lug | alle ore | | Latitudine | 45°48' |
| Ore di funzionamento dell'impianto | 16 | | | | |
| Calcolo termico | con accumulo | | | | |
| | | | | | |
| Uso dei locali | Residenza | | | | |
| Superficie (larghezza x lunghezza) | | | | mq | 55 |
| Volume | altezza | 3 | sup. x alt. | mc | 165 |
| | | | | | |
| *Aria esterna* | | | | | |
| Persone | 4 | l/s pers. | 7.5 | x 3,6 mc/h | 108 |
| vol/h | 0.5 | mc | 165 | mc/h | 82.5 |
| | | | Portata aria rinnovo | | 108 |
| | | | | | |
| *Condizioni di progetto - Temperatura Bulbo Secco* | | | | | |
| | h. 10 | h. 12 | h. 15 | h. 18 | |
| | °C | °C | °C | °C | |
| Esterne | 28.3 | 31 | 33.6 | 32.3 | |
| Interne | 24 | 24 | 24 | 24 | |
| Differenza | 4.3 | 7 | 9.8 | 8.3 | |

Tab. 58 – Condizioni di progetto per il calcolo del carico termico estivo per l'appartamento B (primo piano)

| APPARTAMENTO B - 1° PIANO **H.10** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 32 | 4,3 | 0,5 | 68,8 |
| | | | | tot. | **68,8** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 4,3 | x 0,35 x (1-BF) | 146,286 |
| | | | | tot. | **146,286** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 55 | 825 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 116,5 |
| | | | | tot. | 1281,5 |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **1496,59** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | | 38,7 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **1922,28** |

| APPARTAMENTO B - 1° PIANO **H.12** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | S | 4 | 447 | 0,36 x 0,88 | 566,44 |
| Serra | S-O | 2 | 508 | 0,36 x 0,48 | 175,56 |
| | | | | tot. | **742** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 32 | 7 | 0,5 | 112 |
| | | | | tot. | **112** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 7 | x 0,35 x (1-BF) | 238,14 |
| | | | | tot. | 238,14 |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 55 | 825 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 116,5 |
| | | | | tot. | 1496,59 |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | 2588,73 |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | | 38,7 |
| **Totale calore latente** | | | | W | 425,7 |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | 3014,43 |

Tab. 59 e 60 – Calcolo del carico termico estivo nell’appartamento B (primo piano) alle ore 10 e 12

| APPARTAMENTO B - 1° PIANO **H.15** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | O | 4 | 551 | 0,36 x 0,6 | 476,064 |
| Serra | S | 4 | 447 | 0,38 x 0,4 | 257,472 |
| | | | | tot. | **733,536** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Pareti esterne | S-E | 6,6 | 14,1 | 0,16 | 14,88 |
| | | | | tot. | **14,88** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 32 | 9,8 | 0,5 | 156,8 |
| | | | | tot. | **156,8** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 98 | x 0,35 x (1-BF) | 333,4 |
| | | | | tot. | **333,4** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 55 | 825 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 116,5 |
| | | | | tot. | **1281,5** |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **2520,116** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 38,7 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **2945,8** |

| APPARTAMENTO B - 1° PIANO **H.18** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | O | 12 | 551 | 0,36 x 0,74 | 1761,44 |
| | | | | tot. | **1761,44** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 32 | 8,3 | 0,5 | 132,8 |
| | | | | tot, | **132,8** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 8,3 | x 0,35 x (1-BF) | 282,366 |
| | | | | tot. | 282,366 |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 55 | 825 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 116,5 |
| | | | | tot. | 1496,59 |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | 3673,196 |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 38,7 |
| **Totale calore latente** | | | | W | 425,7 |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | 4098,9 |

Tab. 61 e 62 – Calcolo del carico termico estivo nell’appartamento B (primo piano) alle ore 15 e 18

**Appartamento B – Secondo Piano**

| *Dati di riferimento* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| Località | Como | | | | |
| Calcolo eseguito per il giorno | 23-lug | alle ore | | Latitudine | 45°48' |
| Ore di funzionamento dell'impianto | 16 | | | | |
| Calcolo termico | con accumulo | | | | |
| | | | | | |
| Uso dei locali | Residenza | | | | |
| Superficie (larghezza x lunghezza) | | | | mq | 55 |
| Volume | altezza | 3 | sup. x alt. | mc | 165 |
| | | | | | |
| ***Aria esterna*** | | | | | |
| Persone | 4 | l/s pers. | 7.5 | x 3,6 mc/h | 108 |
| vol/h | 0.5 | mc | 165 | mc/h | 82.5 |
| | | | Portata aria rinnovo | | 108 |
| | | | | | |
| ***Condizioni di progetto - Temperatura Bulbo Secco*** | | | | | |
| | h. 10 °C | h. 12 °C | h. 15 °C | h. 18 °C | |
| Esterne | 28.3 | 31 | 33.6 | 32.3 | |
| Interne | 24 | 24 | 24 | 24 | |
| Differenza | 4.3 | 7 | 9.8 | 8.3 | |

Tab. 63 – Condizioni di progetto per il calcolo del carico termico estivo per l'appartamento B (secondo piano)

| APPARTAMENTO B - 2° PIANO **H.10** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 40 | 4,3 | 0,6 | 86 |
| | | | | tot. | **86** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 4,3 | x 0,35 x (1-BF) | 146,286 |
| | | | | tot. | **146,286** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 55 | 825 |
| Altre apparecchiature | | | | W | |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 106,5 |
| | | | | tot. | 1171,5 |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **1403,786** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 387 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **1829,486** |

| APPARTAMENTO B - 2° PIANO **H.12** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | S | 2 | 447 | 0,36 x 0,88 | 283,22 |
| Serra | S-O | 37 | 508 | 0,36 x 0,48 | 324,79 |
| | | | | tot. | 608 |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 40 | 7 | 0,5 | 140 |
| | | | | tot. | **140** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 7 | x 0,35 x (1-BF) | 238,14 |
| | | | | tot. | **238,14** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 55 | 825 |
| Altre apparecchiature | | | | W | |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 106,5 |
| | | | | tot. | **1171,5** |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **2157,64** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 38,7 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **2583,34** |

Tab. 64 e 65 – Calcolo del carico termico estivo nell’appartamento B (secondo piano) alle ore 10 e 12

APPARTAMENTO B - 2° PIANO **H.15**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

***1. Radiazioni solari - vetri***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | S | 3,7 | 447 | 0,36 x 0,4 | 238,16 |
| | | | | tot. | **238,16** |

***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Parete esterna | S-E | 6,6 | 14,1 | 0,16 | 14,88 |
| | | | | tot. | **14,88** |

***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | | 40 | 9,8 | 0,5 | 196 |
| | | | | tot. | **196** |

***4. Aria esterna***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 9,8 | x 0,35 x (1-BF) | 333,4 |
| | | | | tot. | **333,4** |

***5. Carichi interni***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 55 | 825 |
| Altre apparecchiature | | | | W | |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 106,5 |
| | | | | tot. | 1171,5 |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale Calore sensibile** | W | **1953,94** |

**6. Calore latente**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1.8 | x 0.84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 38,7 |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale calore latente** | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | W | **2379,64** |

APPARTAMENTO B - 2° PIANO **H.18**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

***1. Radiazioni solari - vetri***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | O | 4 | 551 | 0,36 x 0,74 | 587,15 |
| Serra | S-O | 3,4 | 508 | 0,36 x 0,11 | 68,4 |
| | | | | tot. | 655,55 |

***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|

***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | | 40 | 8,3 | 0,5 | 166 |
| | | | | tot. | **166** |

***4. Aria esterna***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 8,3 | x 0,35 x (1-BF) | 282,366 |
| | | | | tot. | **282,366** |

***5. Carichi interni***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 55 | 825 |
| Altre apparecchiature | | | | W | |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 106,5 |
| | | | | tot. | **1171,5** |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale Calore sensibile** | W | **2275,416** |

**6. Calore latente**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1.8 | x 0.84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 38,7 |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale calore latente** | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | W | **2701,116** |

Tab. 66 e 67 – Calcolo del carico termico estivo nell'appartamento B (secondo piano) alle ore 15 e 18

**Appartamento B – Terzo Piano**

| ***Dati di riferimento*** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| Località | Como | | | | | |
| Calcolo eseguito per il giorno | 23-lug | alle ore | | Latitudine | 45°48' | |
| Ore di funzionamento dell'impianto | 16 | | | | | |
| Calcolo termico | con accumulo | | | | | |
| | | | | | | |
| Uso dei locali | Residenza | | | | | |
| Superficie (larghezza x lunghezza) | | | | mq | | 43 |
| Volume | altezza | 3 | sup. x alt. | mc | | 129 |
| | | | | | | |
| ***Aria esterna*** | | | | | | |
| Persone | 1 | l/s pers. | 7.5 | x 3,6 mc/h | | 27 |
| vol/h | 0.5 | mc | 129 | mc/h | | 64.5 |
| | | | Portata aria rinnovo | | | 64.5 |
| | | | | | | |
| ***Condizioni di progetto - Temperatura Bulbo Secco*** | | | | | | |
| | h. 10 °C | h. 12 °C | h. 15 °C | h. 18 °C | | |
| Esterne | 28.3 | 31 | 33.6 | 32.3 | | |
| Interne | 24 | 24 | 24 | 24 | | |
| Differenza | 4.3 | 7 | 9.8 | 8.3 | | |

Tab. 68 – Condizioni di progetto per il calcolo del carico termico estivo per l'appartamento B (terzo piano)

| APPARTAMENTO B - 3° PIANO **H.10** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Parete esterna | N-O | 18,6 | 0 | 0,16 | 0 |
| Parete esterna | S-E | 6,6 | 0 | 0,16 | 0 |
| Parete esterna | | 45 | 0 | 0,15 | 0 |
| | | | | tot. | **0** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 32 | 4,3 | 0,5 | 68,8 |
| | | | | tot. | **68,8** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 64,5 | x DT (°C) | 4,3 | x 0,35 x (1-BF) | 87,36 |
| | | | | tot. | **87,36** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 1 | x W/pers. | 60 | 60 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 43 | 645 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 70,5 |
| | | | | tot. | **1549,1** |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **1705,26** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 1 | W/pers. | 60 | 60 |
| Aria esterna | 64,5 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 87,77 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 14,8 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **162,57** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **1867,83** |

| APPARTAMENTO B - 3° PIANO **H.12** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | S | 2,34 | 447 | 0,36 x 0,88 | 331,36 |
| Serra | S-O | 19.40 | 508 | 0,36 x 0,48 | 247,55 |
| | | | | tot. | **578,9** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Parete esterna | N-O | 18,6 | 0 | 0,16 | 0 |
| Parete esterna | S-E | 6,6 | 0 | 0,16 | 0 |
| Parete esterna | | 45 | 2 | 0,15 | 13,5 |
| | | | | tot. | **13,5** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 32 | 7 | 0,5 | 112 |
| | | | | tot. | **112** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 64,5 | x DT (°C) | 7 | x 0,35 x (1-BF) | 142,22 |
| | | | | tot. | **142,22** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 1 | x W/pers. | 60 | 60 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 43 | 645 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 70,5 |
| | | | | tot. | 1549,1 |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **2395,73** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 1 | W/pers. | 60 | 60 |
| Aria esterna | 645 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 87,77 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 14,8 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **162,57** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **2558,3** |

Tab. 69 e 70 – Calcolo del carico termico estivo nell'appartamento B (terzo piano) alle ore 10 e 12

APPARTAMENTO B - 3° PIANO **H.15**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

***1. Radiazioni solari - vetri***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | S-O | 2,82 | 508 | 0,36 x 0,4 | 206,29 |
| Serra | S-O | 2,34 | 447 | 0,36 x 0,4 | 150,62 |
| | | | | tot. | **356,91** |

***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Parete esterna | N-O | 18,6 | 14,1 | 0,16 | 41,96 |
| Parete esterna | S-E | 6,6 | 14,1 | 0,16 | 14,88 |
| Parete esterna | | 45 | 7,25 | 0,15 | 48,94 |
| | | | | tot. | **105,78** |

***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | | 32 | 9,8 | 0,5 | 156,8 |
| | | | | tot. | **156,8** |

***4. Aria esterna***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aria esterna mc/h | 64,5 | x DT (°C) | 9,8 | x 0,35 x (1-BF) | 199,11 |
| | | | | tot. | **199,11** |

***5. Carichi interni***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 1 | x W/pers. | 60 | 60 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 43 | 645 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 70,5 |
| | | | | tot. | **885,5** |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **1704,09** |

**6. Calore latente**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 1 | W/pers. | 60 | 60 |
| Aria esterna | 64,5 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 87,77 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 14,8 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **162,57** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **1866,66** |

APPARTAMENTO B - 3° PIANO **H.18**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

***1. Radiazioni solari - vetri***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | O | 4,8 | 551 | 0,36 x 0,74 | 704,57 |
| Serra | S-O | 3 | 508 | 0,36 x 0,11 | 60,35 |
| | | | | tot. | **764,92** |

***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Parete esterna | N-O | 18,6 | 6,7 | 0,16 | 19,94 |
| Parete esterna | S-E | 6,6 | 6,7 | 0,16 | 7,07 |
| Parete esterna | | 45 | 6,7 | 0,15 | 45,225 |
| | | | | tot. | **72,225** |

***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | | 32 | 8,3 | 0,5 | 132,8 |
| | | | | TOT. | **132,8** |

***4. Aria esterna***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aria esterna mc/h | 64,5 | 8,3 | | x 0,35 x (1-BF) | 168,63 |
| | | | | tot. | **168,63** |

***5. Carichi interni***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 1 | x W/pers. | 60 | 60 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 43 | 645 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 70,5 |
| | | | | tot. | 1549,1 |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **2687,675** |

**6. Calore latente**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 1 | W/pers. | 60 | 60 |
| Aria esterna | 64,5 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 87,77 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 14,8 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **162,57** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **2850,245** |

Tab. 71 e 72 – Calcolo del carico termico estivo nell’appartamento B (terzo piano) alle ore 15 e 18

**Appartamento C – Primo Piano**

| ***Dati di riferimento*** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| Località | Como | | | | | |
| Calcolo eseguito per il giorno | 23-lug | alle ore | | Latitudine | 45°48' | |
| Ore di funzionamento dell'impianto | 16 | | | | | |
| Calcolo termico | con accumulo | | | | | |
| | | | | | | |
| Uso dei locali | Residenza | | | | | |
| Superficie (larghezza x lunghezza) | | | | mq | 50 | |
| Volume | altezza | 3 | sup. x alt. | mc | 150 | |
| | | | | | | |
| ***Aria esterna*** | | | | | | |
| Persone | 4 | l/s pers. | 7.5 | x 3,6 mc/h | 108 | |
| vol/h | 0.5 | mc | 150 | mc/h | 75 | |
| | | | Portata aria rinnovo | | 108 | |
| | | | | | | |
| ***Condizioni di progetto - Temperatura Bulbo Secco*** | | | | | | |
| | h. 10 °C | h. 12 °C | h. 15 °C | h. 18 °C | | |
| Esterne | 28.3 | 31 | 33.6 | 32.3 | | |
| Interne | 24 | 24 | 24 | 24 | | |
| Differenza | 4.3 | 7 | 9.8 | 8.3 | | |

Tab. 73 – Condizioni di progetto per il calcolo del carico termico estivo per l’appartamento C (primo piano)

APPARTAMENTO C - 1° PIANO **H.10**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

***1. Radiazioni solari - vetri***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|

***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|

***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| serra | | 24 | 4,3 | 0,5 | 51,6 |
| Finestra | S-E | 7,7 | 4,3 | 0,75 | 24,83 |
| | | | | tot. | **76,43** |

***4. Aria esterna***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 4,3e | x 0,35 x (1-BF) | 146,286 |
| | | | | tot. | **146,286** |

***5. Carichi interni***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 50 | 750 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 109 |
| | | | | tot. | 1199 |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **1421,716** |

**6. Calore latente**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 38,7 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **1847,416** |

APPARTAMENTO C - 1° PIANO **H.12**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

***1. Radiazioni solari - vetri***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | S-O | 2 | 508 | 0,36 x 0,48 | 175,176 |
| | | | | tot. | **175,76** |

***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|

***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | | 24 | 7 | 0,5 | 84 |
| Finestra | | 7,7 | 7 | 0,75 | 40,425 |
| | | | | tot. | **124,425** |

***4. Aria esterna***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 7 | x 0,35 x (1-BF) | 238,14 |
| | | | | tot. | **238,14** |

***5. Carichi interni***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 50 | 750 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 109 |
| | | | | tot. | 1199 |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **1737,125** |

**6. Calore latente**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 38,7 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **2162,82** |

Tab. 74 e 75 – Calcolo del carico termico estivo nell’appartamento C (primo piano) alle ore 10 e 12

| APPARTAMENTO C - 1° PIANO **H.15** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | S-O | 6,4 | 508 | 0,36 x 0,4 | 468 |
| | | | | tot. | **468** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Parete esterna | S-E | 6,6 | 14,1 | 0,16 | 14,88 |
| | | | | tot. | **14,88** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 24 | 9,8 | 0,5 | 117,6 |
| Balcone | | 7,7 | 9,8 | 0,75 | 56,6 |
| | | | | tot. | **174,2** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 9,8 | x 0,35 x (1-BF) | 333,4 |
| | | | | tot. | **333,4** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 50 | 750 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 109 |
| | | | | tot. | 1199 |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **2189,48** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 38,7 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **2615,18** |

| APPARTAMENTO C - 1° PIANO **H.18** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | O | 9,8 | 551 | 0,36 x 0,74 | 704,57 |
| Serra | S-O | 3 | 508 | 0,36 x 0,11 | 60,35 |
| | | | | tot. | **764,92** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Parete esterna | S-E | 6,6 | 6,7 | 0,16 | 7,07 |
| | | | | tot. | **7,07** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 24 | 8,3 | 0,5 | 99,6 |
| Balcone | | 7,7 | 8,3 | 0,75 | 47,93 |
| | | | | tot. | **147,53** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 8,3 | x 0,35 x (1-BF) | 282,366 |
| | | | | tot. | **282,366** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 50 | 750 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 109 |
| | | | | tot. | 1199 |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **2400,886** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 249 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 38,7 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **2826,586** |

Tab. 76 e 77 – Calcolo del carico termico estivo nell’appartamento C (primo piano) alle ore 15 e 18

**Appartamento C – Secondo Piano**

| *Dati di riferimento* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| Località | Como | | | | |
| Calcolo eseguito per il giorno | 23-lug | alle ore | | Latitudine | 45°48' |
| Ore di funzionamento dell'impianto | 16 | | | | |
| Calcolo termico | con accumulo | | | | |
| | | | | | |
| Uso dei locali | Residenza | | | | |
| Superficie (larghezza x lunghezza) | | | | mq | 46 |
| Volume | altezza | 3 | sup. x alt. | mc | 138 |
| | | | | | |
| ***Aria esterna*** | | | | | |
| Persone | 4 | l/s pers. | 7.5 | x 3,6 mc/h | 108 |
| vol/h | 0.5 | mc | 138 | mc/h | 69 |
| | | | Portata aria rinnovo | | 108 |
| | | | | | |
| ***Condizioni di progetto - Temperatura Bulbo Secco*** | | | | | |
| | h. 10 °C | h. 12 °C | h. 15 °C | h. 18 °C | |
| Esterne | 28.3 | 31 | 33.6 | 32.3 | |
| Interne | 24 | 24 | 24 | 24 | |
| Differenza | 4.3 | 7 | 9.8 | 8.3 | |

Tab. 78 – Condizioni di progetto per il calcolo del carico termico estivo per l'appartamento C (secondo piano)

APPARTAMENTO C - 2° PIANO **H.10**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

***1. Radiazioni solari - vetri***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|

***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|

***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | | 27 | 4,3 | 0,5 | 58,05 |
| Finestra | | 7,7 | 4,3 | 0,75 | 24,83 |
| | | | | tot. | **82,88** |

***4. Aria esterna***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 4,3 | x 0,35 x (1-BF) | 146,286 |
| | | | | tot. | **146,286** |

***5. Carichi interni***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 46 | 690 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 103 |
| | | | | tot. | **1133** |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale Calore sensibile** | W | **1362,166** |

**6. Calore latente**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 38,7 |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale calore latente** | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | W | **1787,866** |

APPARTAMENTO C - 2° PIANO **H.12**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

***1. Radiazioni solari - vetri***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | S-O | 2 | 508 | 0,36 x 0,48 | 175,56 |
| | | | | tot. | **175,56** |

***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|

***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | | 27 | 7 | 0,5 | 84 |
| Balcone | | 7,7 | 7 | 0,75 | 40,425 |
| | | | | tot. | **124,425** |

***4. Aria esterna***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 7 | x 0,35 x (1-BF) | 238,14 |
| | | | | tot. | **238,14** |

***5. Carichi interni***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 50 | 750 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 109 |
| | | | | tot. | 1199 |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale Calore sensibile** | W | **1737,125** |

**6. Calore latente**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 38,7 |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale calore latente** | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | W | **2162,82** |

Tab. 79 e 80 – Calcolo del carico termico estivo nell’appartamento C (secondo piano) alle ore 10 e 12

APPARTAMENTO C - 2° PIANO **H.15**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

***1. Radiazioni solari - vetri***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | S-O | 2,75 | 508 | 0,36 x 0,4 | 201,17 |
| Serra | O | 3,95 | 526 | 0,36 x 0,6 | 448,78 |
| | | | | tot. | **649,95** |

***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Pareti esterne | S-E | 6,6 | 14,1 | 0,16 | 14,88 |
| | | | | tot. | **14,88** |

***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | | 27 | 9,8 | 0,5 | 132,3 |
| Finestra | | 7,7 | 9,8 | 0,75 | 56,6 |
| | | | | tot. | **188,9** |

***4. Aria esterna***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 9,8 | x 0,35 x (1-BF) | 333,4 |
| | | | | tot. | **333,4** |

***5. Carichi interni***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 46 | 690 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 103 |
| | | | | tot. | **1133** |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale Calore sensibile** | W | **2313,18** |

**6. Calore latente**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 138,7 |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale calore latente** | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente) | W | **2635,88** |

APPARTAMENTO C - 2° PIANO **H.18**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

***1. Radiazioni solari - vetri***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | O | 4,38 | 551 | 0,36 x 0,74 | 704,57 |
| Serra | S-O | 3 | 508 | 0,36 x 0,11 | 60,35 |
| | | | | tot. | **764,92** |

***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Parete esterna | S-E | 6,6 | 6,7 | 0,16 | 7,07 |
| | | | | tot. | **7,07** |

***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | serra | 27 | 8,3 | 0,5 | 112,05 |
| Finestra | balcone S-E | 7,7 | 8,3 | 0,75 | 47,93 |
| | | | | tot. | **159,98** |

***4. Aria esterna***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aria esterna mc/h | 108 | x DT (°C) | 8,3 | x 0,35 x (1-BF) | 282,366 |
| | | | | tot. | **282,366** |

***5. Carichi interni***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 46 | 690 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 103 |
| | | | | tot. | **1133** |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale Calore sensibile** | W | **2347,356** |

**6. Calore latente**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 108 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 147 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 38,7 |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale calore latente** | W | **425,7** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente) | W | **2773,05** |

Tab. 81 e 82 – Calcolo del carico termico estivo nell’appartamento C (secondo piano) alle ore 15 e 18

**Appartamento C – Terzo Piano**

| *Dati di riferimento* | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Località | Como | | | | | |
| Calcolo eseguito per il giorno | 23-lug | alle ore | | Latitudine | 45°48' | |
| Ore di funzionamento dell'impianto | 16 | | | | | |
| Calcolo termico | con accumulo | | | | | |
| Uso dei locali | Residenza | | | | | |
| Superficie (larghezza x lunghezza) | | | | mq | 43 | |
| Volume | altezza | 3 | sup. x alt. | mc | 129 | |
| ***Aria esterna*** | | | | | | |
| Persone | 2 | l/s pers. | 7.5 | x 3,6 mc/h | 54 | |
| vol/h | 0.5 | mc | 129 | mc/h | 64.5 | |
| | | | Portata aria rinnovo | | 64.5 | |
| ***Condizioni di progetto - Temperatura Bulbo Secco*** | | | | | | |
| | h. 10 °C | h. 12 °C | h. 15 °C | h. 18 °C | | |
| Esterne | 28.3 | 31 | 33.6 | 32.3 | | |
| Interne | 24 | 24 | 24 | 24 | | |
| Differenza | 4.3 | 7 | 9.8 | 8.3 | | |

Tab. 83 – Condizioni di progetto per il calcolo del carico termico estivo per l’appartamento C (terzo piano)

APPARTAMENTO C - 3° PIANO **H.10**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

***1. Radiazioni solari - vetri***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|

***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Parete esterna | | 45 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | tot. | **0** |

***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | | 27 | 4,3 | 0,5 | 58,05 |
| Finestra | | 7,3 | 4,3 | 0,75 | 23,54 |
| | | | | tot. | **81,6** |

***4. Aria esterna***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aria esterna mc/h | 64,5 | x DT (°C) | 4,3 | x 0,35 x (1-BF) | 87,36 |
| | | | | tot. | **87,36** |

***5. Carichi interni***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 2 | x W/pers. | 60 | 120 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 43 | 645 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 86,5 |
| | | | | tot. | **951,5** |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale Calore sensibile** | W | **1120,46** |

**6. Calore latente**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 2 | W/pers. | 60 | 120 |
| Aria esterna | 64,5 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 84,77 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 20,77 |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale calore latente** | W | **228,54** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | W | **1349** |

APPARTAMENTO C - 3° PIANO **H.12**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

***1. Radiazioni solari - vetri***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | S-O | 2 | 508 | 0,36 x 0,48 | 175,56 |
| | | | | tot. | **175,56** |

***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Parete esterna | | 45 | 2 | 0,15 | 13,5 |
| | | | | tot. | **13,5** |

***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | | 27 | 7 | 0,5 | 84 |
| Finestra | | 9,7 | 7 | 0,75 | 40,425 |
| | | | | tot. | **124,425** |

***4. Aria esterna***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aria esterna mc/h | 64,5 | x DT (°C) | 7 | x 0,35 x (1-BF) | 142,22 |
| | | | | tot. | **142,22** |

***5. Carichi interni***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 2 | x W/pers. | 60 | 120 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 43 | 645 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 86,5 |
| | | | | tot. | **951,5** |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale Calore sensibile** | W | **1407,2** |

**6. Calore latente**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 2 | W/pers. | 60 | 120 |
| Aria esterna | 64,5 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 87,77 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 20,77 |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale calore latente** | W | **228,54** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | W | **1635,74** |

Tab. 84 e 85 – Calcolo del carico termico estivo nell'appartamento C (terzo piano) alle ore 10 e 12

| APPARTAMENTO C - 3° PIANO **H.15** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | S-O | 1,6 | 508 | 0,36 x 0,4 | 117,04 |
| Serra | O | 2,35 | 526 | 0,36 x 0,6 | 267 |
| Serra | S-O | 2,9 | 508 | 036 x 0,4 | 212,14 |
| | | | | tot. | **596,18** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Parete esterna | S-E | 17,4 | 14,1 | 0,16 | 39,25 |
| Parete esterna | | 45 | 7,25 | 0,15 | 48,94 |
| | | | | tot. | **88,19** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 27 | 9,8 | 0,5 | 132,3 |
| Finestra | | 7,3 | 9,8 | 0,75 | 53,6 |
| | | | | tot. | **185,9** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 64,5 | x DT (°C) | 9,8 | x 0,35 x (1-BF) | 199,14 |
| | | | | tot. | **199,14** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 2 | x W/pers. | 60 | 120 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 43 | 645 |
| Altre apparecchiature | | | | W | |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 76,5 |
| | | | | tot. | **841,5** |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **1910,88** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 2 | W/pers. | 60 | 120 |
| Aria esterna | 64,5 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 87,77 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 20,77 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **228,54** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **2139,42** |

| APPARTAMENTO C - 3° PIANO **H.18** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | O | 4,38 | 551 | 0,36 x 0,74 | 704,57 |
| Serra | S-O | 3 | 508 | 0,36 x 0,11 | 60,35 |
| | | | | tot. | **764,92** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Parete esterna | S-E | 18 | 6,7 | 0,16 | 19,296 |
| Parete esterna | | 45 | 6,7 | 0,15 | 45,225 |
| | | | | tot. | **64,521** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 27 | 8,3 | 0,5 | 112,05 |
| Finestra | | 7,7 | 8,3 | 0,75 | 47,93 |
| | | | | tot. | **159,98** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 64,5 | x DT (°C) | 8,3 | x 0,35 x (1-BF) | 168,63 |
| | | | | tot. | **168,63** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 2 | x W/pers. | 60 | 120 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 43 | 645 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 86,5 |
| | | | | tot. | **951,5** |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **2109,571** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 2 | W/pers. | 60 | 120 |
| Aria esterna | 64,5 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 87,77 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 20,77 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **228,54** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **2338,111** |

Tab. 86 e 87 – Calcolo del carico termico estivo nell’appartamento C (terzo piano) alle ore 15 e 18

**Appartamento D – Primo Piano**

| *Dati di riferimento* | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Località | Como | | | | | |
| Calcolo eseguito per il giorno | 23-lug | alle ore | | Latitudine | 45°48' | |
| Ore di funzionamento dell'impianto | 16 | | | | | |
| Calcolo termico | con accumulo | | | | | |
| Uso dei locali | Residenza | | | | | |
| Superficie (larghezza x lunghezza) | | | | mq | | 75 |
| Volume | altezza | 3 | sup. x alt. | mc | | 225 |
| ***Aria esterna*** | | | | | | |
| Persone | 4 | l/s pers. | 7.5 | x 3,6 mc/h | | 108 |
| vol/h | 0.5 | mc | 225 | mc/h | | 112.5 |
| | | | Portata aria rinnovo | | | 112.5 |
| ***Condizioni di progetto - Temperatura Bulbo Secco*** | | | | | | |
| | h. 10 °C | h. 12 °C | h. 15 °C | h. 18 °C | | |
| Esterne | 28.3 | 31 | 33.6 | 32.3 | | |
| Interne | 24 | 24 | 24 | 24 | | |
| Differenza | 4.3 | 7 | 9.8 | 8.3 | | |

Tab. 88 – Condizioni di progetto per il calcolo del carico termico estivo per l'appartamento D (primo piano)

| APPARTAMENTO D - 1° PIANO **H.10** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | S-O | 4 | 508 | 0,36 x 0,435 | 318,21 |
| Serra | S-E | 4 | 508 | 0,36 x 0,7 | 512,064 |
| Serra | E | 4 | 551 | 0,36 x 0,64 | 507,8 |
| | | | | tot. | **1338** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 72 | 4,3 | 0,5 | 154,8 |
| Finestra N-O | | 4,6 | 4,3 | 0,75 | 14,835 |
| | | | | tot. | **169,635** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 112,5 | x DT (°C) | 4,3 | x 0,35 x (1-BF) | 152,38 |
| | | | | tot. | **152,38** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 75 | 1125 |
| Altre apparecchiature | | | | W | |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 136,5 |
| | | | | tot. | **1501,5** |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **3161,6** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 112,5 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 153,09 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 39,3 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **432,39** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **3594** |

| APPARTAMENTO D - 1° PIANO **H.12** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | S-O | 4,6 | 508 | 0,36 x 0,485 | 408 |
| Serra | S | 6,2 | 447 | 0,36 x 0,88 | 878 |
| Serra | S-E | 4 | 508 | 0,36 x 0,565 | 413,3 |
| | | | | tot. | **1699,3** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 72 | 7 | 0,5 | 252 |
| Finestra N-O | | 4,6 | 7 | 0,75 | 24,15 |
| | | | | tot. | **276,15** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 115,5 | x DT (°C) | 7 | x 0,35 x (1-BF) | 248,06 |
| | | | | tot. | **248,06** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 75 | 1125 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 146,5 |
| | | | | tot. | 1611,5 |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **3835** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 112,5 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 153,09 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 39,3 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **432,39** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **4267,4** |

Tab. 89 e 90 – Calcolo del carico termico estivo nell’appartamento D (primo piano) alle ore 10 e 12

APPARTAMENTO D - 1° PIANO **H.15**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

***1. Radiazioni solari - vetri***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | S-O | 2 | 508 | 0,36 x 0,5 | 182,88 |
| Serra | S-E | 2,4 | 508 | 0,36 x 0,26 | 114,12 |
| Serra | E | 4 | 551 | 0,36 x 0,13 | 634,75 |
| Serra | S | 4 | 447 | 0,365 x 0,4 | 257,47 |
| | | | | tot. | **1189,22** |

***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|

***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | | 72 | 9,8 | 0,5 | 352,8 |
| Finestra N-O | | 4,6 | 9,8 | 0,75 | 33,81 |
| | | | | tot. | **386,6** |

***4. Aria esterna***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aria esterna mc/h | 112,5 | x DT (°C) | 9,8 | x 0,35 x (1-BF) | 347,29 |
| | | | | tot. | **347,29** |

***5. Carichi interni***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 75 | 1125 |
| Altre apparecchiature | | | | W | |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 136,5 |
| | | | | tot. | 1501,5 |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale Calore sensibile** | W | **3424,61** |

**6. Calore latente**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 112,5 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 153,09 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 39,3 |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale calore latente** | W | **432,39** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | W | **3857** |

APPARTAMENTO D - 1° PIANO **H.18**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

***1. Radiazioni solari - vetri***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|

***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|

***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto***

| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
|---|---|---|---|---|---|
| Serra | | 72 | 8,3 | 0,5 | 298,8 |
| Finestra N-O | | 4,6 | 8,3 | 0,75 | 28,635 |
| | | | | tot. | **327,435** |

***4. Aria esterna***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aria esterna mc/h | 112,5 | x DT (°C) | 8,3 | x 0,35 x (1-BF) | 294,13 |
| | | | | tot. | **294,13** |

***5. Carichi interni***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | x W/pers. | 60 | 240 |
| Illuminazione | W/mq | 14 | x mq | 75 | 1125 |
| Altre apparecchiature | | | | W | |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 136,5 |
| | | | | tot. | **1501,5** |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale Calore sensibile** | W | **2123,065** |

**6. Calore latente**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Persone | n° | 4 | W/pers. | 60 | 240 |
| Aria esterna | 112,5 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 153,09 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 39,3 |

| | | |
|---|---|---|
| **Totale calore latente** | W | **432,39** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | W | **2555,45** |

Tab. 91 e 92 – Calcolo del carico termico estivo nell’appartamento D (primo piano) alle ore 15 e 18

**Appartamento D – Secondo Piano**

| ***Dati di riferimento*** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| Località | Como | | | | | |
| Calcolo eseguito per il giorno | 23-lug | alle ore | | Latitudine | 45°48' | |
| Ore di funzionamento dell'impianto | 16 | | | | | |
| Calcolo termico | con accumulo | | | | | |
| | | | | | | |
| Uso dei locali | Residenza | | | | | |
| Superficie (larghezza x lunghezza) | | | | mq | 66.5 | |
| Volume | altezza | 3 | sup. x alt. | mc | 200 | |
| | | | | | | |
| ***Aria esterna*** | | | | | | |
| Persone | 3 | l/s pers. | 7.5 | x 3,6 mc/h | 81 | |
| vol/h | 0.5 | mc | 200 | mc/h | 100 | |
| | | | Portata aria rinnovo | | 100 | |
| | | | | | | |
| ***Condizioni di progetto - Temperatura Bulbo Secco*** | | | | | | |
| | h. 10 °C | h. 12 °C | h. 15 °C | h. 18 °C | | |
| Esterne | 28.3 | 31 | 33.6 | 32.3 | | |
| Interne | 24 | 24 | 24 | 24 | | |
| Differenza | 4.3 | 7 | 9.8 | 8.3 | | |

Tab. 93 – Condizioni di progetto per il calcolo del carico termico estivo per l’appartamento D (secondo piano)

APPARTAMENTO D - 2° PIANO **H.10**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | S-O | 4 | 508 | 0,36 x 0,435 | 318,21 |
| Serra | S-E | 4 | 508 | 0,36 x 0,17 | 512,064 |
| Serra | E | 4 | 551 | 0,36 x 0,64 | 507,8 |
| | | | | tot. | **1338** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Parete esterna | | 6,5 | 12,7 | 0,15 | 123,825 |
| | | | | tot. | **123,825** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 72 | 4,3 | 0,5 | 154,8 |
| Finestra | | 4,6 | 4,3 | 0,75 | 14,835 |
| | | | | tot. | **169,635** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 100 | x DT (°C) | 4,3 | x 0,35 x (1-BF) | 135,45 |
| | | | | tot. | **135,45** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 3 | x W/pers. | 60 | 180 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 66,5 | 997,5 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 127,75 |
| | | | | tot. | **1405,25** |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **3172,16** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 3 | W/pers. | 60 | 180 |
| Aria esterna | 100 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 136,08 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 31,608 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **347,69** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **3519,85** |

APPARTAMENTO D - 2° PIANO **H.12**

**Calcolo calore totale ambiente effettivo**

| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | S-O | 4,6 | 508 | 0,36 x 0,485 | 408 |
| Serra | S-O | 6,2 | 447 | 0,36 x 0,88 | 878 |
| Serra | S-E | 4 | 508 | 0,36 x 0,565 | 413,3 |
| | | | | tot. | **1699,3** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Parete esterna | | 6,5 | 25,4 | 0,15 | 247,65 |
| | | | | tot. | **247,65** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 72 | 7 | 0,5 | 252 |
| Finestra | | 4,6 | 7 | 0,75 | 24,15 |
| | | | | tot. | **276,15** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 100 | x DT (°C) | 7 | x 0,35 x (1-BF) | 220,5 |
| | | | | tot. | **220,5** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 3 | x W/pers. | 60 | 180 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 66,5 | 997,5 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 127,75 |
| | | | | tot. | **1405,25** |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **3848,85** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 3 | W/pers. | 60 | 180 |
| Aria esterna | 100 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 136,08 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 316,08 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **347,69** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **4196,54** |

Tab. 94 e 95 – Calcolo del carico termico estivo nell’appartamento D (secondo piano) alle ore 10 e 12

| APPARTAMENTO D - 2° PIANO **H.15** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| Serra | S-O | 3,7 | 508 | 0,36 x 0,5 | 338,328 |
| Serra | O | 2,15 | 526 | 0,36 x 0,6 | 244,27 |
| Serra | S-O | 3,7 | 276 | 0,36 x 0,4 | 27,82 |
| | | | | tot. | **610,418** |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Parete esterna | | 75 | 31,5 | 0,15 | 354,375 |
| | | | | tot. | **354,375** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 72 | 9,8 | 0,5 | 352,8 |
| Finestra | | 4,6 | 9,8 | 0,75 | 33,81 |
| | | | | tot. | **386,6** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 100 | x DT (°C) | 9,8 | x 0,35 x (1-BF) | 308,7 |
| | | | | tot. | **308,7** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 15 | x W/pers. | 60 | 180 |
| Illuminazione | W/mq | | x mq | 66,5 | 997,5 |
| Altre apparecchiature | | | | W | |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 117,75 |
| | | | | tot. | 1295,25 |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **2955,36** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 3 | W/pers. | 60 | 180 |
| Aria esterna | 100 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 136,08 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 31,6 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **347,68** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **3303** |

| APPARTAMENTO D - 2° PIANO **H.18** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calcolo calore totale ambiente effettivo** | | | | | |
| ***1. Radiazioni solari - vetri*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | Radiazione W/mq | Coeff. fatt. rid. | Potenza W |
| ***2. Radiazione e trasmissioni - Pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DTE °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Parete esterna | | 65 | 6,7 | 0,15 | 65,325 |
| | | | | tot. | **65,325** |
| ***3. Trasmissioni - escluse pareti esterne e tetto*** | | | | | |
| Denominazione | Orientamento | Superficie mq | DT °C | k W/mq °C | Potenza W |
| Serra | | 72 | 8,3 | 0,5 | 298,8 |
| Finestra | | 4,6 | 8,3 | 0,75 | 28,635 |
| | | | | tot. | **327,435** |
| ***4. Aria esterna*** | | | | | |
| Aria esterna mc/h | 100 | x DT (°C) | 8,3 | x 0,35 x (1-BF) | 261,45 |
| | | | | tot. | **261,45** |
| ***5. Carichi interni*** | | | | | |
| Persone | n° | 3 | x W/pers. | 60 | 180 |
| Illuminazione | W/mq | 15 | x mq | 66,5 | 997,5 |
| Altre apparecchiature | | | | W | 100 |
| Canali + Ventilatore + fattore di sicurezza | | | % | 10 | 127,75 |
| | | | | tot. | **1405,25** |
| **Totale Calore sensibile** | | | | W | **2059,45** |
| **6. Calore latente** | | | | | |
| Persone | n° | 3 | W/pers. | 60 | 180 |
| Aria esterna | 100 | x g/kg | 1,8 | x 0,84 | 136,08 |
| Fattore di sicurezza | | | % | 10 | 31,608 |
| **Totale calore latente** | | | | W | **347,69** |
| Calore totale ambiente effettivo (sensibile+latente | | | | W | **2407,15** |

Tab. 96 e 97 – Calcolo del carico termico estivo nell’appartamento D (secondo piano) alle ore 15 e 18

**Comparazione dei grafici sul carico termico estivo dell'appartamento A (primo piano) nelle condizioni di progetto e nelle condizioni standard**

| Ore | Guadagno termico (W) | |
|---|---|---|
| | **Progetto** | **Standard** |
| h. 10 | 1820 | 2229.5783 |
| h. 12 | 2363.35 | 5079.5728 |
| h. 15 | 2645.34 | 6216.4148 |
| h. 18 | 3944.17 | 7558.6463 |

Tab. 98 – Guadagno termico in quattro momenti della giornata nell'appartamento A (primo piano) nella condizione di progetto e nella condizione standard

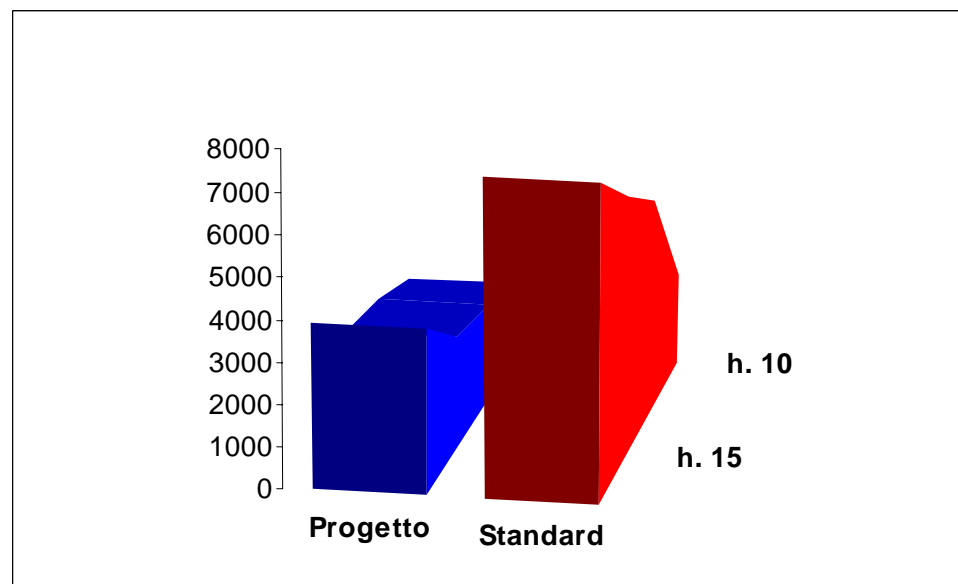



Grafico 1 – Comparazione del guadagno termico nelle due condizioni – di progetto e standard.

**Comparazione dei grafici sul carico termico estivo dell'appartamento A (secondo piano) nelle condizioni di progetto e nelle condizioni standard**

| Ore | Guadagno termico (W) | |
|---|---|---|
| | Progetto | Standard |
| h. 10 | 1475.637 | 1950.0893 |
| h. 12 | 2017.7 | 4912.3942 |
| h. 15 | 2417 | 6508.2428 |
| h. 18 | 3589.62 | 14383.6763 |

Tab. 99 – Guadagno termico in quattro momenti della giornata nell'appartamento A (secondo piano) nella condizione di progetto e nella condizione standard

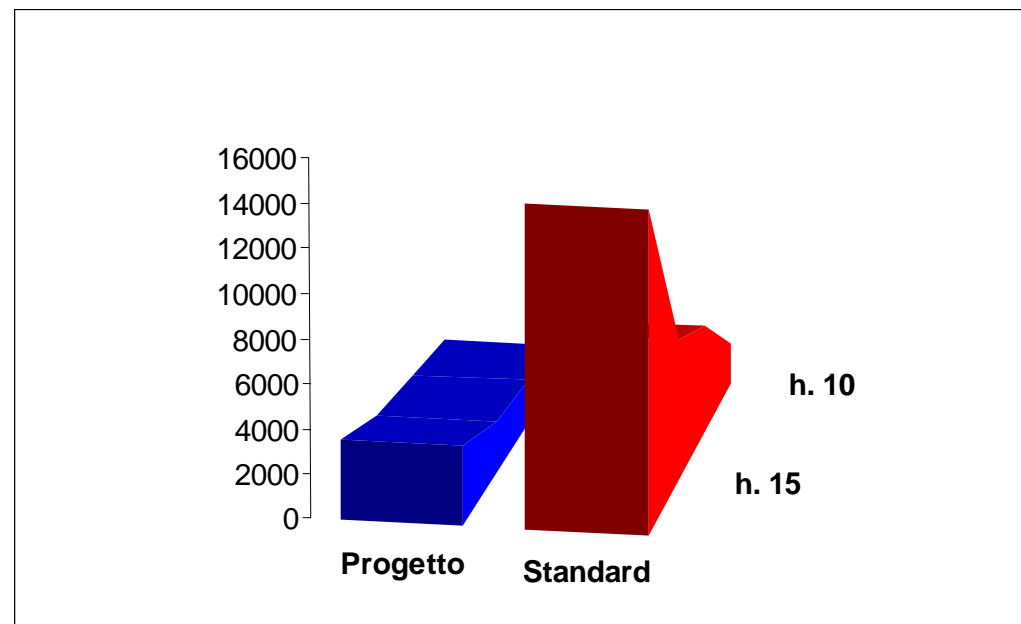



Grafico 2 – Comparazione del guadagno termico nelle due condizioni – di progetto e standard.

**Comparazione dei grafici sul carico termico estivo dell'appartamento B (primo piano) nelle condizioni di progetto e nelle condizioni standard**

| Ore | Guadagno termico (W) | |
|---|---|---|
| | Progetto | Standard |
| h. 10 | 1922.28 | 2266.286 |
| h. 12 | 3014.43 | 7469.95 |
| h. 15 | 2945.8 | 7580.88 |
| h. 18 | 4098.9 | 14010.436 |

Tab. 100 – Guadagno termico in quattro momenti della giornata nell'appartamento B (primo piano) nella condizione di progetto e nella condizione standard

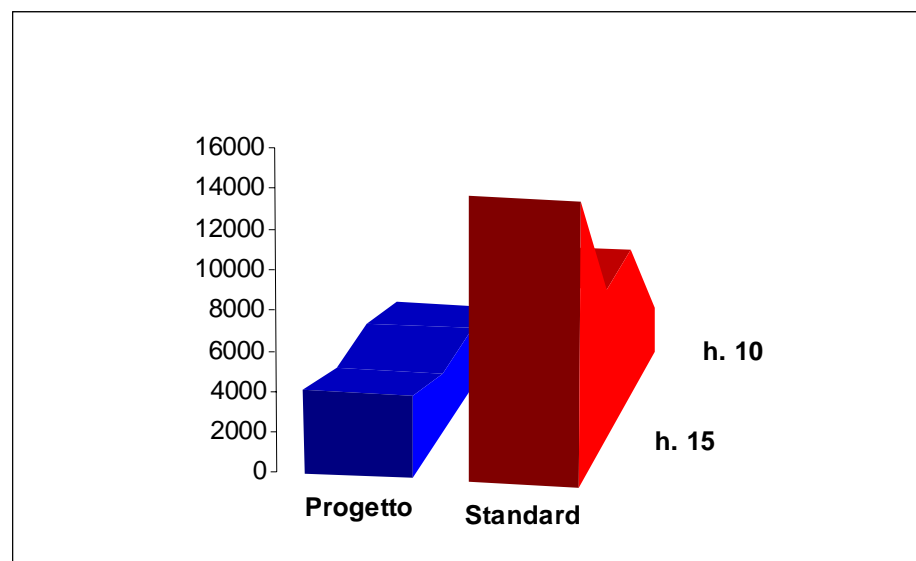



Grafico 3 – Comparazione del guadagno termico nelle due condizioni – di progetto e standard.

**Comparazione dei grafici sul carico termico estivo dell'appartamento B (secondo piano) nelle condizioni di progetto e nelle condizioni standard**

| Ore | Guadagno termico (W) | |
|---|---|---|
| | Progetto | Standard |
| h. 10 | 1829.486 | 2491.772 |
| h. 12 | 2583.34 | 6475.34 |
| h. 15 | 2379.64 | 4609.99 |
| h. 18 | 2701.116 | 6972.7 |

Tab. 101 – Guadagno termico in quattro momenti della giornata nell'appartamento B (secondo piano) nella condizione di progetto e nella condizione standard

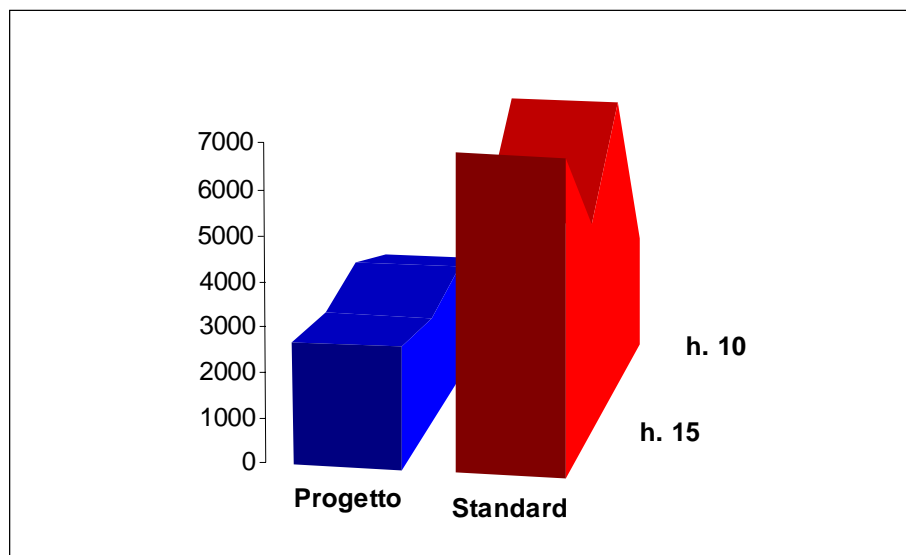



Grafico 4 – Comparazione del guadagno termico nelle due condizioni – di progetto e standard.

**Comparazione dei grafici sul carico termico estivo dell'appartamento B (terzo piano) nelle condizioni di progetto e nelle condizioni standard**

| Ore | Guadagno termico (W) | |
|---|---|---|
| | Progetto | Standard |
| h. 10 | 1867.83 | 2211.83 |
| h. 12 | 2558.3 | 5561.704 |
| h. 15 | 1866.66 | 4524.446 |
| h. 18 | 2850.245 | 7530.107 |

Tab. 102 – Guadagno termico in quattro momenti della giornata nell'appartamento B (terzo piano) nella condizione di progetto e nella condizione standard

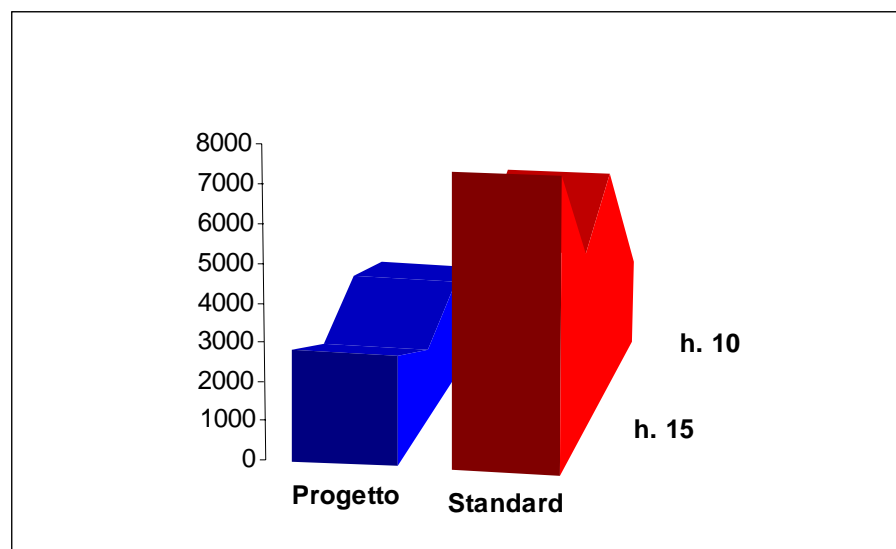



Grafico 5 – Comparazione del guadagno termico nelle due condizioni – di progetto e standard.

**Comparazione dei grafici sul carico termico estivo dell'appartamento C (primo piano) nelle condizioni di progetto e nelle condizioni standard**

| Ore | Guadagno termico (W) | |
|---|---|---|
| | Progetto | Standard |
| h. 10 | 1847.416 | 2169.983 |
| h. 12 | 2162.82 | 3609.65 |
| h. 15 | 2615.18 | 5808.402 |
| h. 18 | 2826.58 | 9566.287 |

Tab. 103 – Guadagno termico in quattro momenti della giornata nell'appartamento C (primo piano) nella condizione di progetto e nella condizione standard

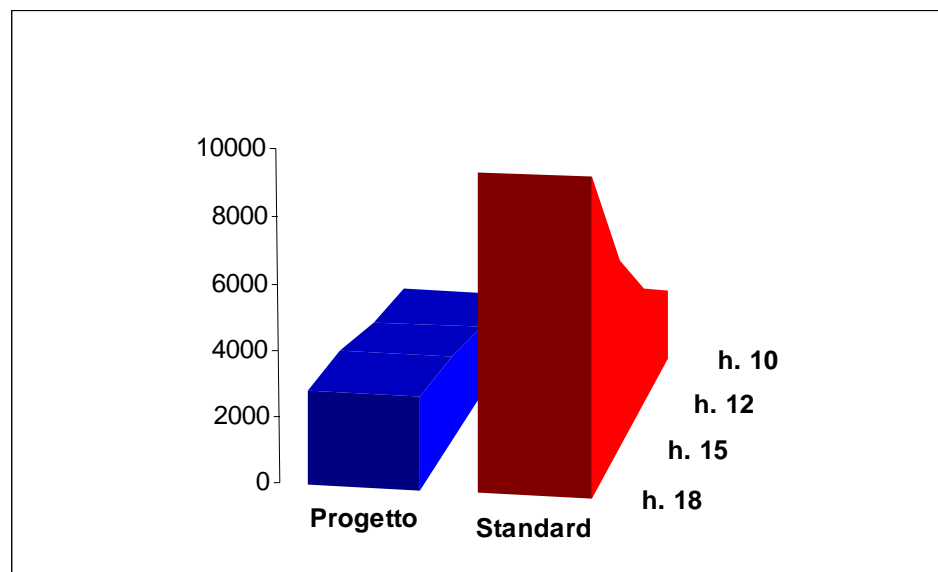



Grafico 6 – Comparazione del guadagno termico nelle due condizioni – di progetto e standard.

**Comparazione dei grafici sul carico termico estivo dell'appartamento C (secondo piano) nelle condizioni di progetto e nelle condizioni standard**

| Ore | Guadagno termico (W) | |
|---|---|---|
| | Progetto | Standard |
| h. 10 | 1787.866 | 2142.683 |
| h. 12 | 2162.82 | 3672.65 |
| h. 15 | 2635.88 | 7002.222 |
| h. 18 | 2773.05 | 7106.809 |

Tab. 104 – Guadagno termico in quattro momenti della giornata nell'appartamento C (secondo piano) nella condizione di progetto e nella condizione standard

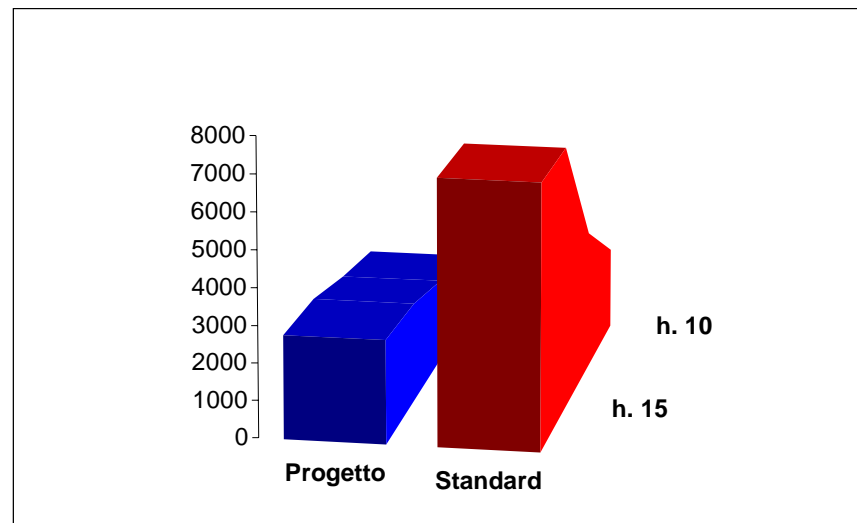



Grafico 7 – Comparazione del guadagno termico nelle due condizioni – di progetto e standard.

**Comparazione dei grafici sul carico termico estivo dell'appartamento C (terzo piano) nelle condizioni di progetto e nelle condizioni standard**

| Ore | Guadagno termico (W) | |
|---|---|---|
| | Progetto | Standard |
| h. 10 | 1349 | 1700.453 |
| h. 12 | 1635.74 | 3183.37 |
| h. 15 | 2139.42 | 5890.463 |
| h. 18 | 2338.111 | 6671.864 |

Tab. 105 – Guadagno termico in quattro momenti della giornata nell'appartamento C (terzo piano) nella condizione di progetto e nella condizione standard

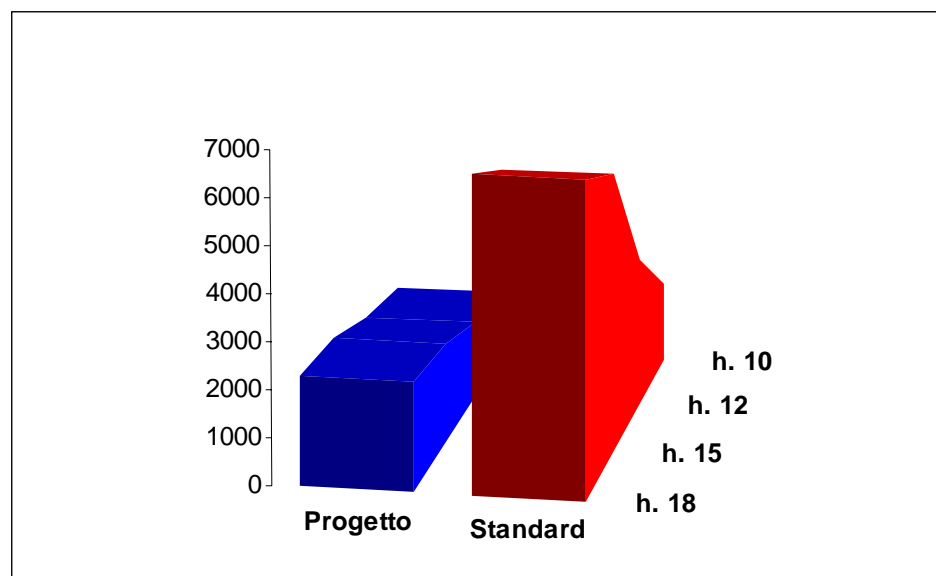



Grafico 8 – Comparazione del guadagno termico nelle due condizioni – di progetto e standard.

**Comparazione dei grafici sul carico termico estivo dell’appartamento D (primo piano) nelle condizioni di progetto e nelle condizioni standard**

| Ore | Guadagno termico (W) | |
|---|---|---|
| | Progetto | Standard |
| h. 10 | 3594 | 9641.456 |
| h. 12 | 4267.4 | 9201.1825 |
| h. 15 | 3857 | 8629.798 |
| h. 18 | 2855.45 | 4123.906 |

Tab. 106 – Guadagno termico in quattro momenti della giornata nell’appartamento D (primo piano) nella condizione di progetto e nella condizione standard

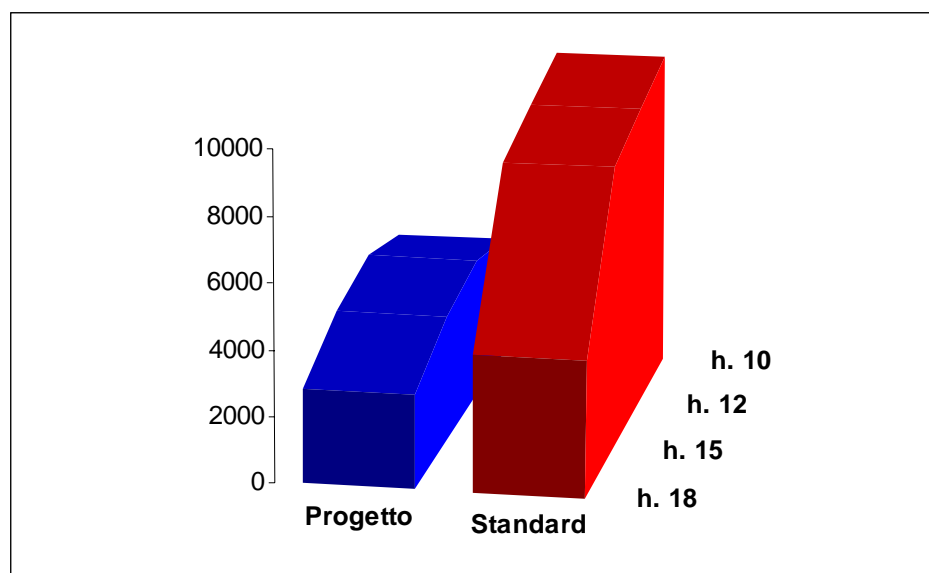



Grafico 9 – Comparazione del guadagno termico nelle due condizioni – di progetto e standard.

**Comparazione dei grafici sul carico termico estivo dell’appartamento D (secondo piano) nelle condizioni di progetto e nelle condizioni standard**

| Ore | Guadagno termico (W) | |
|---|---|---|
| | Progetto | Standard |
| h. 10 | 3519.85 | 8934.241 |
| h. 12 | 4196.54 | 7537.5325 |
| h. 15 | 3303 | 9104.866 |
| h. 18 | 2407.15 | 3975.601 |

Tab. 107 – Guadagno termico in quattro momenti della giornata nell’appartamento D (secondo piano) nella condizione di progetto e nella condizione standard

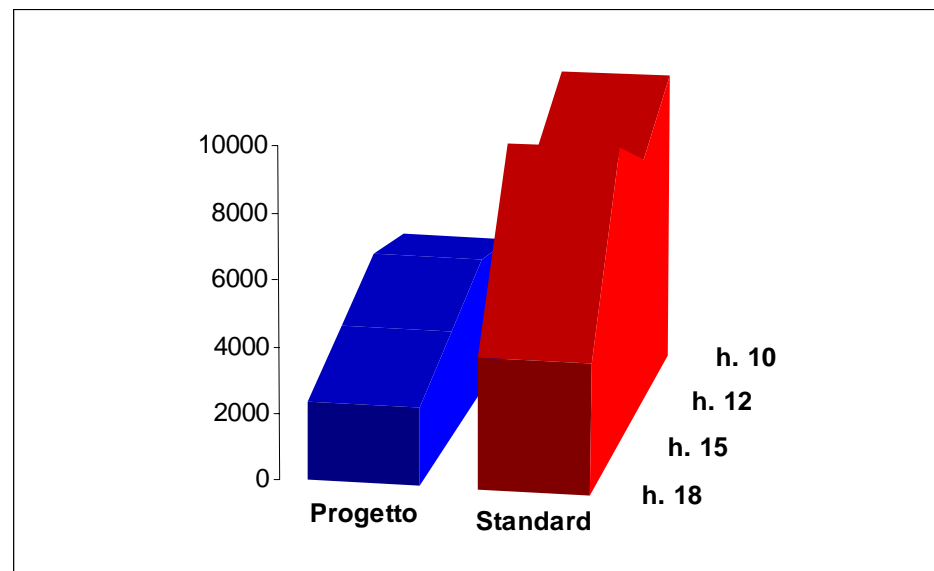



Grafico 10 – Comparazione del guadagno termico nelle due condizioni – di progetto e standard.